

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Luis Claudio Gubert

**UTILIZANDO O PADRÃO DE GERENCIAMENTO
SNMP PARA GERENCIAR TRÁFEGO MULTICAST:
A FERRAMENTA MULTICAST MONITOR**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Ciência da Computação.

Prof. Carlos Becker Westphall

Orientador

westphal@inf.ufsc.br

Florianópolis, Abril de 2002

UTILIZANDO O PADRÃO DE GERENCIAMENTO SNMP PARA GERENCIAR TRÁFEGO MULTICAST: A FERRAMENTA MULTICAST MONITOR

Luis Claudio Gubert

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de mestre em Ciência da Computação, área de concentração em Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Fernando Ostuni Gauthier, Dr.

Coordenador do Curso

gauthier@inf.ufsc.br

Banca Examinadora

Prof. Carlos Becker Westphall, Dr. (Orientador)

westphal@inf.ufsc.br

Prof. Vitorio Bruno Mazzola, Dr.

mazzola@inf.ufsc.br

Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.

bosco@inf.ufsc.br

Agradecimentos

Primeiramente e sobre tudo quero agradecer a Deus por esta oportunidade e por conhecer e poder conviver com pessoas maravilhosas.

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo, dedicação e pela presença em todos os momentos.

Ao meu orientador, Carlos Becker Westphall e meu co-orientador, Luis Marco Cáceres Alvarez, pelo incentivo, orientação e "empurrões" nas horas necessárias. À Carla Westphall, pela disponibilidade, sugestões e contribuições; Cabe entretanto dirigir-me as pessoas que, pela proximidade das relações, contribuíram para que fosse possível a concretização deste projeto:

Em especial ao amigo Sílvio Sampaio, pela dedicação, disponibilidade e profissionalismo, que foram de fundamental relevância.

Aos amigos Antônio Carlos (Baiano), Marcos Rabelo (Paulista), Sandro Oliveira, Tatiana, Ana Cláudia, Josiane, pelas contribuições, companheirismo e amizade.

Em especial a Lúcia Kinceler e Hamilton Justino Vieira e a todos os colegas de trabalho que mesmo não citados, mas que de certa forma colaboraram para a realização deste, através de palavras de incentivo e apoio.

À UFSC pelo suporte material e tecnológico. À Verinha e à Valdete, pela simpatia e dedicação no atendimento aos alunos do curso. Ao NPD da UFSC nas pessoas do Sr. Edison Melo Vieira, Gerson Santos e Guilherme Rhoden.

Com carinho especial às meninas do apt. 303, Lisiane e Viviane as quais, como ninguém, aturaram minhas alterações repentinas de humor e souberam compreender.

Conteúdo

Conteúdo	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Siglas e Abreviaturas	ix
Resumo	1
Abstract	2
1 Introdução	1
1.1 Justificativas	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura dos Capítulos do Trabalho	2
2 Gerência de Redes de Computadores	4
2.1 Etapas no Processo de Gerência	5
2.2 Paradigma Gerente - Agente	6
2.3 Áreas de Gerência	7
2.3.1 Gerenciamento de Falhas	7
2.3.2 Gerenciamento de Contabilização	8
2.3.3 Gerenciamento de Configuração	8
2.3.4 Gerenciamento de Desempenho	9
2.3.5 Gerenciamento de Segurança	9
2.4 Protocolos de Gerência	10

2.4.1	Protocolo SNMP	11
2.4.2	Protocolo CMIP	13
2.5	Conclusão	15
3	Multicast	16
3.1	IP Multicast	17
3.2	Roteamento Multicast	19
3.3	Protocolos de Roteamento Multicast	20
3.3.1	<i>Distance Vector Multicast Routing Protocol</i> (DVMRP)	21
3.3.2	<i>Multicast Open Shortes Protocol</i> (MOSPF)	24
3.3.3	<i>Protocol-Independent Multicast - Dense Mode</i> (PIM-DM)	26
3.3.4	<i>Core Based Trees</i> (CBT)	27
3.3.5	<i>Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode</i> (PIM-SM)	28
3.4	Conclusão	30
4	Gerência Multicast	31
4.1	Gerenciar Multicast	32
4.2	Ferramentas para Gerenciamento de Tráfego <i>Multicast</i>	34
4.3	Ferramentas baseadas no <i>SNMP</i> E <i>MIB's</i> relacionadas a <i>Multicast</i>	36
4.4	Conclusão	37
5	Utilizando o Padrão de Gerenciamento SNMP para Gerenciar Tráfego Multicast: A Ferramenta Multicast Monitor	39
5.1	Objetivo	40
5.1.1	Justificativas	40
5.2	<i>MIB's</i> Utilizadas	41
5.2.1	Objetos Coletados	42
5.3	A Ferramenta Multicast Monitor	42
5.3.1	Aspectos Importantes da Implementação	43
5.3.2	Descrição da Ferramenta	46
5.4	Ambiente de Testes	50

5.5	Problemas e Limitações	51
5.6	Conclusão	52
6	Conclusões e Perspectivas	53
	Referências Bibliográficas	55

Lista de Figuras

2.1	Modelo Gerente - Agente	6
2.2	Protocolo SNMP sobre as camadas do TCP/IP.	12
2.3	Arquitetura de gerenciamento OSI.	14
3.1	Fluxo de Dados Unicast.	18
3.2	Fluxo de Dados Multicast.	18
3.3	Estrutura do Pacote IGMP.	19
3.4	Árvore de Distribuição.	20
3.5	Construção da Árvore de Distribuição DVMRP.	22
3.6	Árvore de Distribuição DVMRP.	23
3.7	Construção da Árvore de Distribuição MOSPF.	25
3.8	Árvore de Distribuição CBT.	27
3.9	Árvore de Distribuição PIM-SM.	28
5.1	Tela Inicial <i>Multicast Monitor</i>	46
5.2	Sub-menu <i>SNMP</i>	47
5.3	Configuração da Comunidade	47
5.4	Configuração do Alvo (elemento gerenciável)	48
5.5	Opção para valores <i>default</i>	48
5.6	Menu <i>Action</i>	49
5.7	Utilização dos Recursos do Roteador	50
5.8	Ambiente de Testes	51

Lista de Siglas e Abreviaturas

CBT	Core Based Trees
CMIP	Common Management Information Protocol
CMIS	Common Management Information Service
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Eletronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standardization
LME	Layer Management Entity
Mbone	Multicast Backbone
MIB	Management Information Base
MOSPF	Multicast Open Shortest Path First
NMF	Network Management Framework
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First Protocol
PIM-DM	Protocol Independent Multicast-Dense Mode
PIM-SM	Protocol Independent Multicast-Sparse Mode
QoS	Quality Of Service

RFC	Request for Comments
RP	Rendezvous Point
SMAE	System Management Application Entity
SMI	Structure of Management Information
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol

Resumo

A gerência em redes de computadores tornou-se necessidade primária em função da crescente complexidade que ambientes em rede vêm alcançando. Esse aumento de complexidade deve-se a adoção de novas tecnologias que vem sendo agregadas às estruturas já existentes. Como consequência, existe o aumento de tráfego e o congestionamento da rede.

Uma das maneiras de se evitar o aumento excessivo de tráfego devido aos requisitos dessas novas tecnologias, é a comunicação por difusão seletiva (*multicast*), onde a transmissão dos dados é feita somente para um grupo de host's que desejam recebê-los.

A disseminação do uso de *multicast* na internet fez com que surgisse a necessidade de gerenciamento específico para este tipo de tráfego. As ferramentas atuais para gerenciamento de tráfego *multicast* surgiram das necessidades de monitoramento por pesquisadores do *Multicast Backbone (MBone)*. Portanto, atualmente não existe uma ferramenta que se utilize totalmente de um padrão de gerenciamento de redes para gerenciar o tráfego *multicast*.

A proposta deste trabalho é apresentar a utilização do padrão de gerenciamento de rede *SNMP* na implementação de uma ferramenta para gerenciamento de tráfego *multicast*, suprimindo assim, a necessidade de padronização no gerenciamento para esse tipo de tráfego.

Abstract

The computer network management has become of primary need due to the growing complexity of the network environment reached with the new technologies that has been aggregated in the existing structures. As a consequence, there is an increase in the traffic and congestion in the network.

The use of multicast technology, where data transmission is made only for a group of hosts which want to receive it, is one manner to avoid the excessive traffic increase due to the adoption of new technologies in the network.

The deployment of the multicast in the internet has emerged the need of a specific management for this type of traffic. The available tool for the multicast traffic management are based on the monitoring needs of a group of Multicast Backbone researchers. Therefore, there is no available tool that uses completely a network management standard for multicast traffic management.

This work presents the use of SNMP network management standard for multicast traffic management. As result, a prototype is developed to validate this standard for this purpose.

Capítulo 1

Introdução

Uma das conseqüências da maior utilização e desenvolvimento das redes de computadores, foi o surgimento de novas aplicações, com requisitos diferentes de aplicações usuais, como maior largura de banda e menor atraso.

Diversos exemplos dessas aplicações são encontradas hoje na Internet, tais como aplicações de vídeo conferência, vídeo stream ¹, bases de dados distribuídas, entre outras. A característica comum entre elas é que são baseadas no modelo de comunicação um-para-muitos ou muitos-para-muitos, em que um ou mais emissores enviam dados para múltiplos receptores. Em conseqüência, gera-se um grande tráfego de informações ocasionando congestionamento da rede.

A maneira para diminuir o tráfego de dados gerado por estas aplicações seria fazer a comunicação por difusão seletiva (*multicast*), onde a transmissão dos dados ocorre somente para os grupos de *hosts* que desejam recebê-la. A capacidade de suportar eficientemente comunicações *multicast* está se tornando um aspecto indispensável em qualquer infra-estrutura de rede atualmente [COS 00] [RAJ 01].

¹Transferência de vídeo com fluxo contínuo de bits.

1.1 Justificativas

O gerenciamento de tráfego *multicast* tem se tornado uma barreira técnica para o seu desenvolvimento. A necessidade de ferramentas de gerenciamento de fácil utilização é listada como uma das razões pelas quais o desenvolvimento do *multicast* não tenha sido mais rápido e seu uso mais disseminado [ALM 00].

As ferramentas para gerenciamento multicast disponíveis atualmente, em sua maioria, não se utilizam de nenhuma padronização para efetuar o gerenciamento multicast. É neste sentido que o presente trabalho posiciona-se, buscando basicamente fazer integração entre um protocolo de gerenciamento de redes estabelecido no mercado, o Simple Network Management Protocol (SNMP), e o gerenciamento de tráfego multicast, com o objetivo básico de abstrair peculiaridades do tráfego multicast, facilitando com isso a aplicação e a gerência da tecnologia.

1.2 Objetivos

O trabalho tem como principais objetivos:

- Estudar aspectos e conceitos do tráfego e protocolos de roteamento multicast;
- Estudar os principais conceitos relacionados à gerência de redes para protocolos de roteamento multicast;
- Verificar como integrar o protocolo de gerenciamento SNMP com a gerência multicast e suas peculiaridades.

1.3 Estrutura dos Capítulos do Trabalho

O trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 apresenta-se uma definição para gerência de redes, abordando o paradigma Gerente - Agente, os protocolos mais utilizados, Simple Network

Management Protocol (SNMP) e Common Management Information Protocol (CMIP), seguindo de uma descrição de cada um destes.

O capítulo 3 apresenta uma visão geral sobre multicast, abordando seu fluxo de dados, comparando com o fluxo unicast, endereçamento, roteamento e protocolos de roteamento.

O capítulo 4 trata a gerência de tráfego multicast, suas peculiaridades e diferenças com relação à gerência de tráfego geral. Também apresenta algumas soluções para a gerência multicast, com a descrição de algumas ferramentas usadas no MBone.

No capítulo 5 apresenta-se detalhadamente o desenvolvimento e as funcionalidades da ferramenta McastMonitor, implementada com a intenção de integrar o Simple Management Network Protocol (SNMP) com o gerenciamento de tráfego multicast.

O capítulo 6 apresenta conclusões e propostas de trabalhos futuros, são incluídas as referências bibliográficas e anexos.

Capítulo 2

Gerência de Redes de Computadores

A gerência de redes de computadores pode ser conceituada como a coordenação das atividades e monitoração dos recursos, tais como, modems, roteadores, switches, protocolos, aplicações, entre outros, que estão fisicamente distribuídos na rede, assegurando, na medida do possível, a confiabilidade, o tempo de respostas e a segurança das informações. Desse modo, gerenciar uma rede significa dotar o sistema com mecanismos de monitoramento e controle dos elementos da rede para fornecer aos usuários um funcionamento com Qualidade de Serviço (QoS) [OLI 98].

A transmissão dos dados em uma rede de computadores deve ser realizado de modo confiável e eficiente. Para que isso aconteça é importante que os dados sejam monitorados de maneira que eventuais problemas sejam resolvidos na medida do possível. Uma rede sem mecanismos de gerência pode apresentar problemas como congestionamento do tráfego, recursos mal utilizados, recursos sobrecarregados, problemas com segurança e outros.

As redes de computadores são compostas por múltiplos componentes distribuídos. Além das máquinas em que as aplicações são executadas, os roteadores, switches, gateways, são componentes muito importantes. Em relação aos softwares, vários outros componentes estão envolvidos, como sistemas operacionais, protocolos, etc. Todos os equipamentos da rede, que fazem parte do sistema de gerenciamento, possuem um conjunto de software destinado às tarefas de coletar informações sobre as atividades

relacionadas com a rede, armazenar estatísticas localmente e responder aos comandos do centro de controle da rede. Estes nodos são referenciados como Agentes. No mínimo um hospedeiro da rede é designado para as tarefas de controlador da rede (Gerente) e possui uma coleção de software chamada aplicação de Gerenciamento da Rede. A aplicação de Gerenciamento da Rede possui uma interface que permite ao administrador gerenciar a rede [SAM 97].

Neste capítulo são apresentados conceitos sobre gerenciamento de redes. Na seção 2.1 são mencionadas as etapas no processo de gerenciamento, na seção 2.2 é apresentado o paradigma gerente-agente, na seção 2.3 são descritas as áreas de gerência, na seção 2.4 são apresentados os protocolos de gerência SNMP e CMIP, e finalmente na seção 2.5 apresenta-se a conclusão.

2.1 Etapas no Processo de Gerência

A idéia básica na solução de um sistema de gerência consiste na utilização de um computador interagindo com os diversos componentes da rede a serem gerenciados, para ser possível extrair desses, as informações necessárias à gerência.

As etapas no processo de gerência de redes são as seguintes:

- **a- Coleta de Dados:** é um processo, em geral, automático, que consiste na monitoração dos recursos gerenciados;
- **b- diagnóstico:** esta etapa consiste no tratamento e análise realizados a partir dos dados coletados. O processo de gerenciamento executa uma série de procedimentos (por intermédio ou não, de um operador), com o intuito de determinar a causa do problema apresentado no recurso gerenciado;
- **c- ação:** Uma vez diagnosticado o problema, cabe uma ação, ou controle sobre o recurso, caso o evento não tenha sido passageiro (incidente operacional) [BRI 93].

2.2 Paradigma Gerente - Agente

Devido a natureza distribuída dos recursos (elementos da rede) a serem gerenciados, a gerência de redes é uma aplicação distribuída. Os processos usados nas atividades de gerência destes recursos distribuídos são classificados como processo **Gerente** e processo **Agente**.

O processo **Gerente** é a parte de uma aplicação distribuída associada ao usuário da Gerência (processo ou humano). Ele tem a responsabilidade de realizar operações de gerência (através do envio de comandos) sobre os Objetos Gerenciados, através dos processos Agentes. O Gerente recebe também notificações enviadas pelo Agente.

O processo **Agente** é a parte de uma aplicação distribuída que irá executar sobre o Objeto Gerenciado os comandos enviados pelo processo Gerente. O processo Agente é uma parte de uma aplicação distribuída que executará os comandos enviados pelo processo Gerente sobre o objeto gerenciável. Passando assim para o Gerente uma visão dos objetos sendo gerenciados refletindo o comportamento destes, emitindo notificações sobre os mesmos, conforme a Figura 2.1.

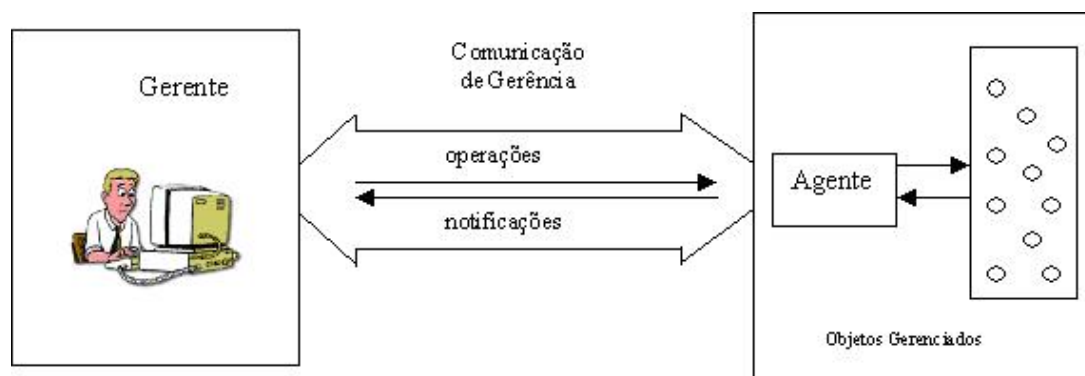


Figura 2.1: Modelo Gerente - Agente

Uma aplicação de gerência pode exercer o papel de Gerente, de Agente ou ambos. Um processo de gerência no papel de Agente atua sobre objetos em seu ambiente local, executando ações de gerência sobre estes objetos como consequência de

operações enviadas pelo Gerente [BAR 98].

2.3 Áreas de Gerência

No processo de gerenciamento uma separação funcional de necessidades foi apresentada pela *International Organization for Standardization* (ISO), como parte de sua especificação de gerenciamento de sistemas OSI. A maioria dos fornecedores de sistemas de gerenciamento de redes adotaram esta divisão funcional para descrever as necessidades de gerenciamento: falhas, desempenho, configuração, contabilização e segurança [SAM 97].

2.3.1 Gerenciamento de Falhas

As falhas não são o mesmo que erros. Uma falha é uma condição anormal cuja recuperação exige ação de gerenciamento. E normalmente é causada por operações incorretas ou um número excessivo de erros.

Para controlar o sistema como um todo, cada componente essencial deve ser monitorado individualmente para garantir o seu perfeito funcionamento. Quando ocorre uma falha, é importante que seja rapidamente possível:

- determinar o componente exato onde a falha ocorreu;
- isolar o resto da rede da falha, de forma que ela continue a funcionar sem interferências;
- reconfigurar ou modificar a rede para minimizar o impacto da operação sem o componente que falhou;
- reparar ou trocar o componente com problemas para restaurar a rede ao seu estado anterior.

O impacto e a duração do estado de falha pode ser minimizado pelo uso de componentes redundantes e rotas de comunicação alternativas, para dar à rede um grau de "tolerância a falhas".

2.3.2 Gerenciamento de Contabilização

Mesmo que nenhuma cobrança seja feita pela utilização dos recursos da rede, o administrador da rede deve estar habilitado para controlar o uso dos recursos pelos usuários ou grupo de usuários, com os objetivos de:

- evitar que um usuário ou grupo de usuários abuse de seus privilégios de acesso e monopolize a rede, em detrimento de outros usuários;
- evitar que usuários façam uso ineficiente da rede, assistindo-os na troca de procedimentos e garantindo o desempenho da rede;
- conhecer as atividades dos usuários com detalhes suficientes para planejar o crescimento da rede.

O gerente da rede deve ser capaz de especificar os tipos de informações de contabilização que devem ser registrados em cada nodo, definir o intervalo de entrega de relatórios para os nodos de gerenciamento de mais alto nível e os algoritmos usados no cálculo da utilização.

2.3.3 Gerenciamento de Configuração

O gerenciamento de configuração está relacionado com a inicialização da rede e também com as tarefas de manutenção, adição, atualização e estado dos componentes durante a operação da rede.

Alguns recursos podem ser configurados para executar diferentes serviços como, por exemplo, um equipamento atuando como roteador, estação de trabalho ou ambos. Uma vez decidido como o equipamento deve ser usado, o gerente de configuração pode escolher o software apropriado e um conjunto de valores para os atributos daquele equipamento.

O gerente da rede deve ser capaz de, inicialmente, identificar os componentes dessa e definir a conectividade entre eles. Também deve modificar a configuração em resposta à avaliações de desempenho, recuperação de falhas, problemas de segurança, atualização da rede ou a fim de atender as necessidades dos usuários.

2.3.4 Gerenciamento de Desempenho

O gerenciamento de desempenho de uma rede consiste na monitoração das atividades da rede e no controle dos recursos através de ajustes e trocas. Algumas das questões relativas ao gerenciamento de desempenho, são:

- qual é a capacidade de utilização?
- o tráfego é excessivo?
- o throughput foi reduzido para níveis aceitáveis?
- existem gargalos?
- o tempo de resposta está crescendo?

Para tratar estas questões, o gerente deve focalizar um conjunto inicial de recursos a serem monitorados, a fim de estabelecer níveis de desempenho. Isto inclui associar métricas e valores apropriados aos recursos de rede que possam fornecer indicadores de diferentes níveis de desempenho.

Estatísticas de desempenho podem ajudar no planejamento, administração e manutenção de grandes redes. Estas informações podem ser utilizadas para reconhecer situações de gargalo antes que elas causem problemas para o usuário final. Ações corretivas podem ser executadas, tais como, trocar tabelas de roteamento para balancear ou redistribuir a carga de tráfego durante horários de pico, ou ainda, a longo prazo, indicar a necessidade de expansão de linhas para uma determinada área.

2.3.5 Gerenciamento de Segurança

O gerenciamento da segurança provê facilidades para proteger recursos da rede e informações dos usuários. Estas facilidades devem estar disponíveis apenas para usuários autorizados. É necessário que a política de segurança seja robusta e efetiva e que o sistema de gerenciamento da segurança seja, ele próprio, seguro.

O gerenciamento de segurança trata de questões tais como:

- geração, distribuição e armazenamento de chaves de criptografia;
- manutenção e distribuição de senhas e informações de controle de acesso;
- monitoração e controle de acesso da rede ou parte da rede e das informações obtidas dos nodos da rede;
- coleta, armazenamento e exame de registros de auditoria de segurança, bem como ativação e desativação destas atividades [BRI 93] [STA 99].

2.4 Protocolos de Gerência

A necessidade de estabelecer monitoramento e controle sobre todos os componentes da rede é clara, de forma a garantir que esta esteja sempre em funcionamento e que os problemas sejam identificados, isolados e solucionados o mais rápido possível, embora esta não seja uma tarefa fácil.

As redes tem assumido grandes proporções, com um grande número de computadores, além da constante adição de novos componentes, oferecendo integração de dados/voz, multiplexadores e roteadores, além de tantos outros, o que tem adicionado mais complexidade ao ambiente.

Para atender a esta necessidade de gerenciamento foram desenvolvidos os protocolos de gerenciamento. A principal preocupação de um protocolo de gerenciamento é permitir aos gerentes de rede realizar tarefas, tais como: obter dados sobre o desempenho e tráfego da rede em tempo real, diagnosticar problemas de comunicação e reconfigurar a rede atendendo às mudanças nas necessidades dos usuários e do ambiente. Porém, vários obstáculos teriam que ser superados, entre eles a heterogeneidade dos equipamentos de rede (computadores, roteadores entre outros), dos protocolos de comunicação e das tecnologias de rede. Adicionalmente, era necessário que esse gerenciamento fosse integrado, pois uma solução genérica e integrada auxiliaria os usuários a evitar os altos custos de uma solução específica, além de facilitar a manutenção, o monitoramento, o crescimento e a evolução da rede.

Ciente destas dificuldades, a ISO vem desenvolvendo padrões para o gerenciamento de redes *Open Systems Interconnection* (OSI), tendo como protocolo de gerência o *Common Management Information Protocol* (CMIP). De outro lado, existe o IEEE (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers*) com um conjunto de padrões para o gerenciamento de redes TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), normalmente referenciados como SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Atualmente, quase todas as plataformas de gerenciamento de redes internet comercialmente disponíveis implementam o protocolo SNMP devido à sua simplicidade de implementação em relação ao CMIP [SAM 97].

2.4.1 Protocolo SNMP

O protocolo SNMP foi desenvolvido nos anos 80 como resposta para os problemas de gerenciamento em ambiente TCP/IP Internet, envolvendo redes heterogêneas. Inicialmente foi concebido para ser apenas uma solução provisória até o desenvolvimento de um protocolo de gerenciamento mais completo, o CMIP. Neste contexto, sem um protocolo melhor disponível, o SNMP passou a ser o protocolo mais utilizado.

O modelo proposto pela arquitetura SNMP busca minimizar o número e a complexidade de funções de gerenciamento realizadas pelos agentes de gerenciamento.

As razões que tornam este objetivo atrativo são:

- custo de desenvolvimento do software de agente de gerenciamento, necessário para suportar o protocolo é significativamente reduzido;
- grau de funcionalidade suportado remotamente é proporcionalmente aumentado, a medida que se aumenta a utilização dos recursos internet na tarefa de gerenciamento;
- a quantidade de funções de gerenciamento, que são suportadas remotamente, é gradativamente aumentada, através da imposição de algumas restrições sobre a forma e sofisticação das ferramentas de gerenciamento;

- conjuntos simplificados de funções de gerenciamento são facilmente entendidos e utilizados pelos desenvolvedores de ferramentas de gerenciamento de redes.

O segundo objetivo do protocolo é que o paradigma funcional para monitoração e controle deve ser suficientemente extensível para acomodar aspectos adicionais, e possivelmente não previstos, da operação e gerenciamento de redes.

O terceiro objetivo é que a arquitetura deve ser, tanto quanto possível, independente da arquitetura e dos mecanismos de hospedeiros e gateways particulares.

O SNMP é um protocolo da camada de aplicação, como ilustrado na Figura 2.2, desenvolvido para facilitar a troca de informações de gerenciamento entre dispositivos de rede. Estas informações transportadas pelo SNMP (como pacotes por segundo e taxa de erro na rede), permitem aos administradores gerenciar o desempenho da rede de forma remota, encontrando e solucionando os problemas, bem como planejar o crescimento da rede.

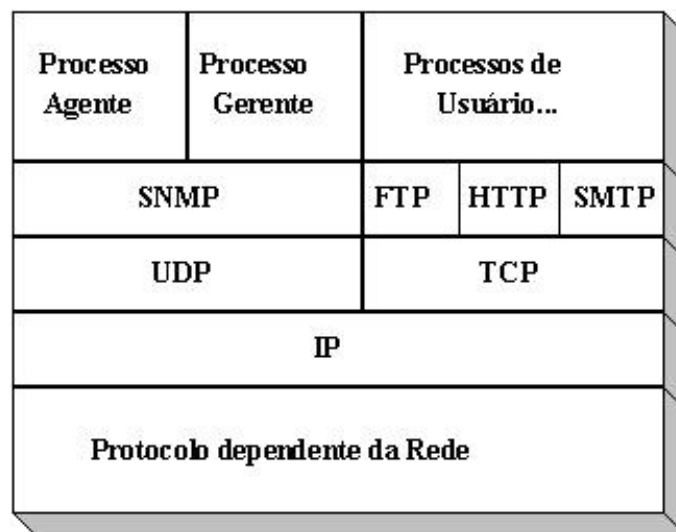


Figura 2.2: Protocolo SNMP sobre as camadas do TCP/IP.

Assim como o TCP, o SNMP é um protocolo desenvolvido para a arquitetura Internet. Os padrões que definem a estrutura de gerenciamento de redes internet, *Network Management Framework* (NMF), são descritos nos documentos: RFC 1155 - *Structure of Management Information* (SMI); RFC 1156 - *Management Informa-*

tion Base (MIB), e RFC 1157 - *Simple Network Management Protocol* (SNMP) [CAS 90] [ROS 90a] [ROS 90b].

A arquitetura SNMP consiste de uma solução para os problemas de gerenciamento de redes, tais como:

- escopo e representação da informação de gerenciamento comunicada pelo protocolo;
- operações sobre as informações de gerenciamento, suportadas pelo protocolo;
- a forma e o significado das trocas entre entidades de gerenciamento;
- a definição dos relacionamentos administrativos entre entidades de gerenciamento;
- a forma e o significado das referências às informações de gerenciamento.

2.4.2 Protocolo CMIP

Muitos fornecedores desenvolveram aplicações baseadas no protocolo SNMP, que é um padrão estabelecido pelo mercado, a fim de possibilitar a integração dos sistemas de gerenciamento de redes. Entretanto, o SNMP contém um conjunto limitado de comandos. As suas funções de gerenciamento estão, principalmente, voltadas para aspectos físicos de comunicação das redes, tais como *switches* e *hubs*.

A fim de solucionar de vez os problemas de integração e limitação de sistemas de gerenciamento de redes, foram propostos os padrões do modelo OSI. O objetivo destes padrões são o de possibilitar o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de redes de computadores e de sistemas de comunicação, de diferentes fornecedores, que inter-operem entre si.

Os conceitos básicos do modelo de informação usado pelos Sistemas de Gerenciamento OSI são definidos através da Estrutura de Informação de Gerenciamento (SMI - *Structure for Management Information*). A SMI, baseada na abordagem orientada a objetos, introduz os conceitos de hierarquia de herança, de nomeação e de registros usados na caracterização e identificação dos objetos gerenciados.

Além disso ela define o conjunto de operações que podem ser realizadas sobre os objetos gerenciados da MIB e o comportamento desses objetos mediante a execução destas operações.

A arquitetura OSI de Gerenciamento possui um gerenciamento de camada, que consiste na monitoração e controle dos recursos de uma camada de forma isolada e independente através da LME (*Layer Management Entity*), conforme ilustrado na Figura 2.3 [BRI 93]. Pode-se, por exemplo, enfocar aspectos da camada de transporte, analisando-se o número de conexões estabelecidas com sucesso e o número de tentativas sem sucesso, de estabelecimento de conexões, para identificar situações de sobrecarga ou ociosidade nos sistemas. Esta abordagem, no entanto, não contempla um relacionamento com as atividades das outras camadas de protocolo.

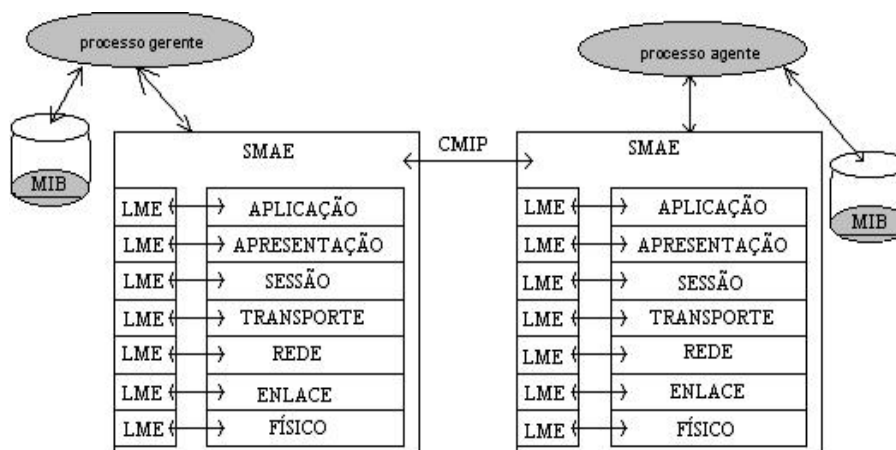


Figura 2.3: Arquitetura de gerenciamento OSI.

Num ambiente de gerenciamento OSI, usa-se o protocolo CMIP para definir as regras de comunicação entre os processos gerente e agente. O protocolo CMIP implementa as primitivas oferecidas pelo serviço de informação de gerenciamento CMIS (*Common Management Information Service*). Este ambiente também propõe uma estrutura de gerenciamento para permitir a definição dos conceitos necessários à construção de classes de objetos gerenciados, os princípios necessários à nomeação dos objetos e dos seus componentes, e como é definido o inter-relacionamento entre os objetos.

Cada agente OSI possui uma MIB que é uma base de dados guardando

informações a respeito dos objetos gerenciados (do mesmo modo que ocorre com o gerenciamento SNMP). Porém, a estrutura da MIB no modelo OSI segue uma abordagem orientada a objetos. Um objeto gerenciado OSI é definido em termos de seus atributos, comportamentos, notificações e operações. Atributos são características específicas de um objeto, as operações são ações que podem ser executadas no objeto, as notificações são emitidas pelo objeto para indicar algum evento e o comportamento exibe as mudanças no objeto devido às operações executadas nele [BRI 93] [JUN 97] [STA 99].

2.5 Conclusão

Atualmente as redes de computadores são extremamente importantes para as empresas, porque normalmente junto com sua utilização vem a eficácia e a competitividade. Essa relevância vem crescendo de tal forma que as empresas tem se tornado altamente dependentes destas redes, sentindo imediatamente o impacto quando os seus recursos não estão disponíveis.

Cientes desse problema, a solução passou a ser buscada na atividade de gerenciamento. Esta atividade passou a evoluir de forma rápida e concisa, sendo hoje uma das especialidades da área de redes de computadores que mais cresce [SAM 97].

A Gerência de Redes de Computadores pode ser definida como a coordenação e monitoração das atividades dos recursos computacionais, tais como, modems, roteadores, sistemas operacionais, protocolos, etc., que estão fisicamente distribuídos na rede, assegurando na medida do possível, a confiabilidade, o tempo de resposta e a segurança nas informações. Dessa maneira, fornecendo aos usuários da rede um funcionamento com Qualidade de Serviço [OLI 98].

O resultado esperado após a implantação de um sistema de gerenciamento de redes é um controle mais efetivo dos recursos físicos e/ou lógicos da rede, acarretando com isso o correto funcionamento destes recursos e mantendo a rede de computadores disponível o maior tempo possível a serviço dos usuários.

Capítulo 3

Multicast

A maioria das aplicações tradicionais utilizadas na internet, tais como web browsers e e-mail, funcionam entre um emissor e um receptor. O desenvolvimento da internet nos últimos anos está relacionado diretamente com o aumento das aplicações que se utilizam de sua infra-estrutura. Este aumento é constantemente acompanhado de uma grande demanda, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. Quantitativamente refere-se ao número crescente de usuários na rede e qualitativamente no que diz respeito à natureza dos dados utilizados. A transmissão de dados não convencionais como vídeo, áudio entre outros tem ocupado um espaço cada vez maior nas necessidades dos usuários, gerando uma enorme demanda por largura de banda. Muitos têm sido os estudos para equacionar este problema, e uma das soluções encontradas é o serviço *multicast* [FAR 00] [LEI 00].

O serviço de transmissão *multicast* se caracteriza pela existência de grupos, onde cada grupo possui um endereço único que o identifica. Os membros se associam dinamicamente aos grupos e assim trocam mensagens entre si. Uma mensagem endereçada ao grupo é transmitida para todos os membros do mesmo. Um transmissor não precisa necessariamente ser membro para enviar uma mensagem para um grupo em particular e, neste caso, o grupo é denominado aberto, em contraste com grupos fechados onde apenas os membros podem trocar de mensagens.

A grande vantagem desta solução reside no roteamento usado para im-

plementar essa comunicação. Os protocolos foram criados para evitar replicações de pacotes em um mesmo enlace e assim utilizar melhor os recursos disponíveis [LEI 00].

Neste capítulo, a seção 3.1 apresenta uma visão geral sobre IP Multicast; na seção 3.2 é apresentada uma introdução sobre roteamento multicast, a seção 3.3 descreve os protocolos de roteamento multicast, e finalizando a seção 3.4 apresenta a conclusão.

3.1 IP Multicast

O IP Multicast é basicamente uma tecnologia que permite enviar pacotes para um determinado grupo de máquinas simultaneamente, de forma eficiente. A informação é enviada de forma semelhante ao *broadcast* (de uma máquina para todas as máquinas), porém somente os computadores que desejam receber a informação, irão recebê-la. Para isso eles se "inscrevem" em grupos e a informação somente será passada de roteador a roteador se alguém do outro lado estiver disposto a receber esta informação.

O IP Multicast é uma extensão ao padrão de protocolo de rede IP. A RFC 1112, Host Extensions for IP Multicasting, de autoria de Steve Deering em 1989, descreve IP Multicast como:

"A transmissão de um datagrama IP a um 'grupo de hosts', é um conjunto de zero ou mais hosts identificados por um simples endereço de destino IP. Um datagrama multicast é entregue a todos os membros do seu 'grupo de hosts de destino' com a mesma confiança de melhor-esforço (best-efforts) de um datagrama IP unicast comum. Os membros de um grupo de hosts são dinâmicos, isto é, os hosts podem entrar e deixar grupos a qualquer hora. Não há restrições de localização ou de número de membros em um Grupo de hosts e Um host pode ser membro de mais de um grupo ao mesmo tempo"[DEE 89].

Na transmissão Unicast três cópias do mesmo dado (D) são enviadas ponto-a-ponto (Origem) como D1, D2 e D3 para os receptores 1, 2 e 3 (Destino), como mostrado na figura 3.1.

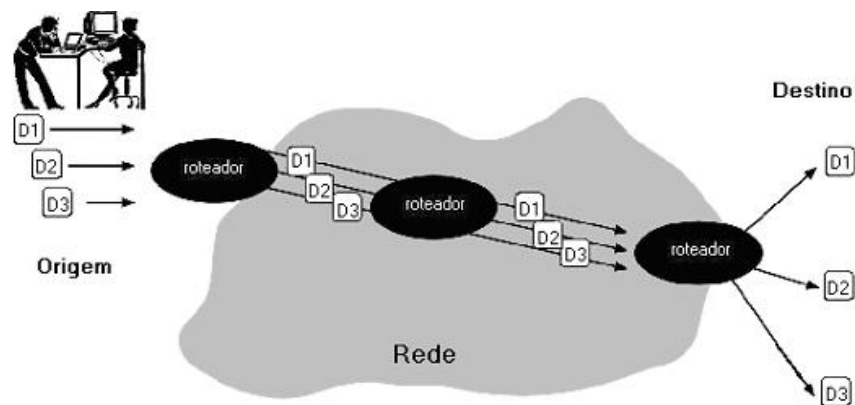


Figura 3.1: Fluxo de Dados Unicast.

Na transmissão *multicast* uma cópia do mesmo dado (D) é enviado (Origem) por *multicast* para os receptores 1, 2 e 3 (Destinos), provendo uma economia de largura de banda local e através das redes, como mostrado na Figura 3.2.

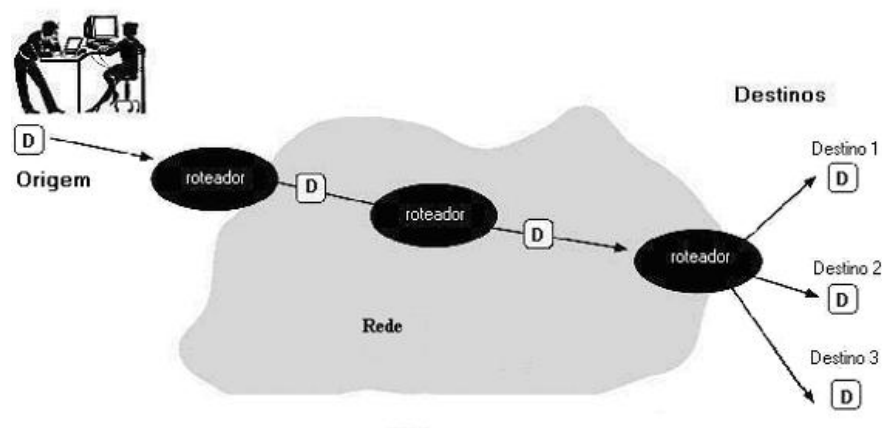


Figura 3.2: Fluxo de Dados Multicast.

Existem dois tipos de grupos de endereços: permanentes e temporários. Um grupo permanente sempre existirá e não precisa ser configurado. Alguns exemplos de endereços permanentes são:

- 224.0.0.1 - todos os sistemas numa rede local;

- 224.0.0.2 - todos os roteadores numa rede local;
- 224.0.0.5 - todos os roteadores OSPF numa rede local.

O *Multicasting* é implementado por roteadores *multicast* especiais. Uma vez a cada minuto, aproximadamente, o roteador *multicast* envia um pacote para as estações de sua rede local (endereço 224.0.0.1) perguntando quais os grupos a que seus processos pertencem.

Estes pacotes de consultas e respostas usam um protocolo chamado IGMP (*Internet Group Management Protocol*), que é similar ao ICMP. Ele tem dois tipos de pacotes: consulta e resposta, com formato fixo contendo alguma informação de controle na primeira palavra do campo payload e um endereço classe D na segunda palavra conforme mostrado na Figura 3.3 [JOH 97a].



Figura 3.3: Estrutura do Pacote IGMP.

3.2 Roteamento Multicast

Para algumas aplicações, os processos são separados em vários locais, porém trabalham juntos, em grupo. Por exemplo, um grupo de processos que implementa um banco de dados distribuído. Nele é freqüente que um processo envie uma mensagem para todos os outros membros do grupo. Então necessita-se de um modo de envio de mensagens para grupos bem definidos que são numericamente grandes, porém pequenos comparados ao tamanho da rede. Para realizar esta tarefa é necessário utilizar uma técnica de roteamento multiponto.

O tráfego IP Multicast é transmitido da fonte para o receptor via uma "árvore de distribuição" (*spanning tree*) que conecta todos os hosts do grupo através dos Roteadores Multicast (RM), conforme mostrado na Figura 3.4. Diferentes protocolos de roteamento IP Multicast usam diferentes técnicas para construir estas árvores de distribuição multicast. Uma vez que a árvore é construída, todo o tráfego multicast é distribuído através dela [JOH 97b].

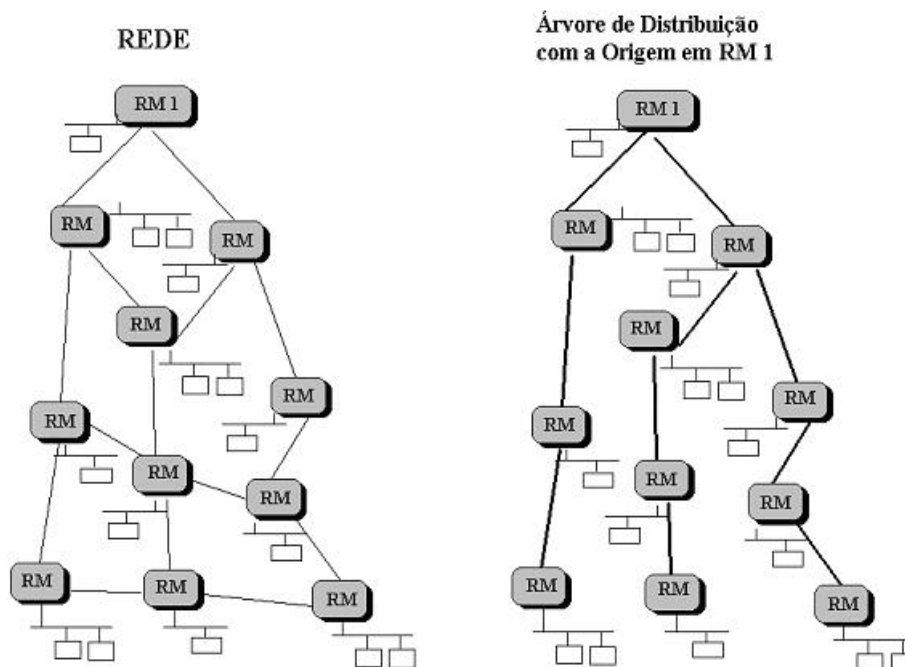


Figura 3.4: Árvore de Distribuição.

3.3 Protocolos de Roteamento Multicast

Os protocolos de roteamento *IP Multicast* geralmente se encaixam em uma das duas categorias apresentadas abaixo, dependendo da distribuição esperada dos membros do grupo *multicast* através da rede.

A primeira, chamada modo-denso (*dense-mode*), assume que os membros do grupo *multicast* estão densamente distribuídos através da rede e que, a disponibilidade de largura de banda da rede é grande. Os protocolos de roteamento *multicast*

modo-denso baseiam-se em uma técnica chamada "inundação" (*flooding*), para propagar informações para todos os roteadores da rede, isto é, periodicamente inundam a rede com tráfego *multicast* para configurar e manter a árvore de distribuição (*spanning tree*). Nesta categoria se encaixam os seguintes protocolos: DVMRP (*Distance Vector Multicast Routing Protocol*), MOSPF (*Multicast Open Shortest Path First*) e PIM-DM (*Protocol-Independent Multicast-Dense Mode*).

A segunda categoria, chamada modo-esparso (*Sparse-Mode*), assume que os membros do grupo estão esparsamente distribuídos pela rede e a largura de banda não está, necessariamente, amplamente disponível. Por exemplo, se os usuários estão dispersos em várias regiões da Internet ou se estão conectados via linhas ISDN. O modo-esparso não significa que o grupo tenha poucos membros, mas que eles estejam amplamente dispersos. Neste caso, a técnica de "inundação" desperdiçará largura de banda e, conseqüentemente, causará sérios problemas de performance. Assim, protocolos de roteamento modo-esparso baseiam-se em técnicas mais seletivas para construir e manter árvores *multicast*. Nesta categoria de protocolos estão o CBT (*Core Based Trees*) e PIM-SM (*Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode*) [JOH 97b].

3.3.1 *Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)*

O primeiro protocolo desenvolvido para suportar roteamento *multicast*, foi o DVMRP, descrito na RFC 1075, amplamente utilizado no Mbone ¹ [JOH 97b] [DEE 88].

O DVMRP constrói uma árvore diferente de distribuição para cada par de fonte-host destino. Cada árvore de distribuição descreve o caminho mais curto da fonte *multicast*, na raiz da árvore, até todos os receptores (hosts destinos) nas folhas da árvore, baseado no número de hops ² no caminho, que é a métrica do DVMRP. A árvore do DVMRP é construída sob demanda, usando-se uma técnica chamada dispersão e poda - (*broadcast and prune*), quando uma fonte começa a transmitir mensagens a um grupo *multicast*.

¹ Rede virtual construída sob partes da rede física da internet para suportar roteamento IP Multicast.

² Considera-se salto, cada roteador multicast ultrapassado.

O DVMRP assume que todos os roteadores na rede suportam DVMRP. A técnica usada pelo protocolo assume inicialmente que todo *host* da rede pertence ao grupo *multicast*. O roteador selecionado para fazer o roteamento para todos os *hosts* em sua sub-rede, inicia transmitindo uma mensagem para todos os roteadores adjacentes. Cada um destes roteadores, seletivamente, transmite a mensagem aos roteadores abaixo dele e assim sucessivamente, até que a mensagem é passada a todos os membros do grupo *multicast*, conforme mostrado na Figura 3.5.

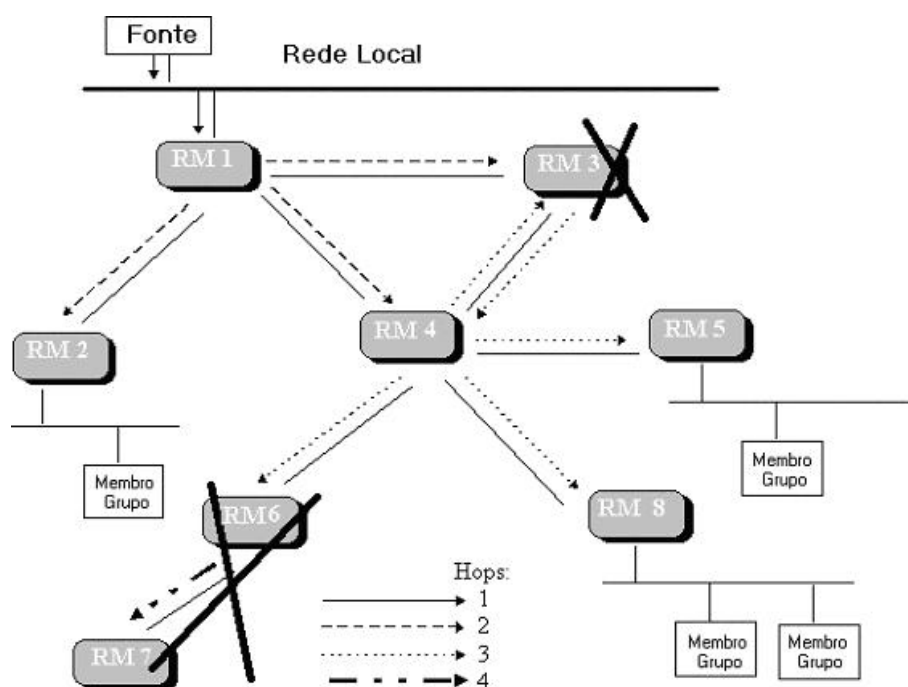


Figura 3.5: Construção da Árvore de Distribuição DVMRP.

Quando um roteador recebe uma mensagem *multicast*, ele verifica a sua tabela de roteamento unicast para determinar a interface que provê o caminho mais curto de volta a fonte. Se for a interface pela qual a mensagem *multicast* chegou, então o roteador entra com alguma informação com a finalidade de identificar o grupo *multicast* em suas tabelas internas (especificando interfaces sobre as quais, as mensagens para este grupo devem ser enviadas) e envia a mensagem *multicast* para todos os roteadores adjacentes, exceto para aquele que o enviou a mensagem, de outro modo, a mensagem é simplesmente descartada. Este mecanismo, chamado de "*Reverse Path Forwarding*", as-

segura que não haverá *loops* na árvore e que a árvore irá incluir caminhos curtos desde a fonte até todos os receptores.

A parte Poda (*Prune*) do protocolo elimina ramificações da árvore que não conduzem a qualquer membro do grupo multicast. O IGMP (*Internet Group Management Protocol*) rodando entre os *hosts* e seus roteadores *multicast* vizinhos, é usado para manter dados dos membros do grupo nos roteadores. Quando um roteador determina que não há hosts além dele que pertencem ao grupo *multicast*, envia uma mensagem de poda aos roteadores acima. Naturalmente, os roteadores devem manter atualizada as informações dos fontes e grupos de destino em suas tabelas, para refletir quais ramificações devem ser podadas da árvore. Este processo permanece até que todas as ramificações supérfluas sejam eliminadas da árvore, resultando em uma árvore minimamente distribuída. Uma árvore de distribuição completa é mostrada na Figura 3.6.

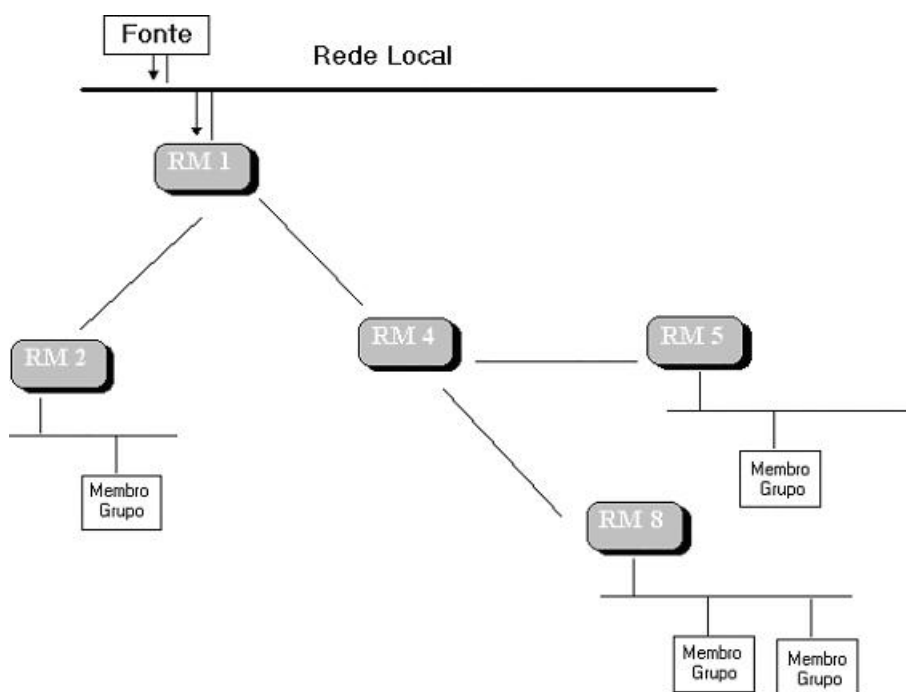


Figura 3.6: Árvore de Distribuição DVMRP.

Uma vez que a árvore é construída, ela é usada para transmitir mensagens da fonte até os membros *multicast*. Cada roteador no caminho envia mensagens somente sobre as interfaces que levam a membros do grupo. Considerando que novos

membros podem entrar no grupo a qualquer momento, e que estes novos membros podem depender de uma das ramificações "podadas" para receber as transmissões multicast, periodicamente o DVMRP reinicia a construção da árvore de distribuição.

O DVMRP trabalha bem com grupos *multicast* que estão densamente distribuídos em uma sub-rede. De qualquer forma, para grupos *multicast* que estão dispersamente distribuídos sobre uma rede geograficamente grande, o comportamento de realizar broadcast periodicamente deve causar sérios problemas de performance.

Outro problema com o DVMRP se refere à quantidade de informação sobre o estado de roteamento *multicast* que deve ser armazenado em um roteador *multicast*. Todo roteador *multicast* deve conter informações sobre o estado de cada par fonte-grupo, também informação designando a interface a ser usada para enviar mensagens multicast ou informações de estado de poda. Por estas razões, o DVMRP não é escalável para suportar grupos *multicast* que estão espalhados sobre uma grande rede [JOH 97b].

3.3.2 *Multicast Open Shorts Protocol (MOSPF)*

A extensão *multicast* ao OSPF (MOSPF) é definida na RFC-1584. O OSPF roteia mensagens ao longo de caminhos com custo menor, onde o custo é expresso em uma métrica de estado de link. Em adição ao número de saltos em um caminho, outros parâmetros de performance de rede que podem influenciar no custo para um determinado caminho são incluídas, por exemplo, informações sobre balanceamento de carga (um link que tem um tráfego muito pequeno deve ser nomeado como de mais baixo custo do que um link que é muito utilizado, em um esforço para balancear o tráfego na rede), necessidade de qualidade de serviço para uma determinada aplicação (se uma aplicação requer baixa latência, um caminho envolvendo um link de satélite deve ser nomeado de alto custo), entre outros.

O MOSPF é idealizado para uso em um domínio de roteamento simples, uma rede controlada por uma organização individual. O MOSPF é dependente do uso de OSPF como protocolo de roteamento *unicast* acompanhante, assim como DVMRP inclui nele mesmo um protocolo *unicast*. Em uma rede OSPF/MOSPF cada roteador mantém

uma imagem atualizada da topologia de toda a rede. Esta informação de estado de link (link-state) é utilizada para construir árvores de distribuição *multicast*.

Cada roteador MOSPF coleta periodicamente informações sobre membros do grupo *multicast*, via IGMP. Esta informação, juntamente com a informação sobre o "estado do link" acima citada, é distribuída a todos os outros roteadores no domínio de roteamento. Os roteadores irão atualizar suas informações internas sobre o estado do link baseados nas informações que receberam dos roteadores adjacentes. Cada roteador, desde que entenda a topologia de toda a rede, pode então, independentemente calcular uma árvore de espalhamento de menor custo com a fonte *multicast* como raiz e os membros do grupo como folhas. Esta árvore é o caminho que é usado para rotear tráfego *multicast* da fonte até cada um dos membros do grupo, de modo que todos os roteadores irão calcular a mesma árvore, desde que eles compartilhem periodicamente as informações de estado do link [MOY 94].

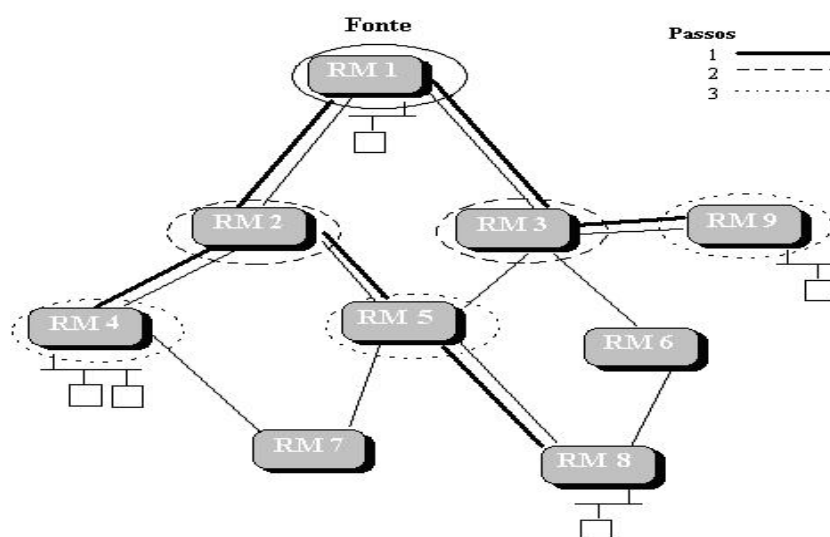


Figura 3.7: Construção da Árvore de Distribuição MOSPF.

A descrição dos passos mostrados na Figura 3.7 são:

- 1- cálculo da árvore RM 1 - Conhece os membros do grupo via IGMP e consequentemente descobre que o caminho para o RM 4 é via RM 2. O caminho para o RM 8 é via RM 5, etc.;

- 2- cálculo da árvore do RM 2 - determina que o caminho para o RM 4 é direto, o caminho para o RM 8 é via RM 5 e a árvore do RM 3 determina que o caminho para o RM 9 é direto;
- 3- cálculo da árvore do RM 5- determina que o caminho para o RM 8 é direto.

Note que a transmissão *multicast* dispara este processo e que cada roteador, quando recebe a mensagem, calcula exatamente a mesma árvore de distribuição que seu predecessor e a usa para enviar a mensagem.

3.3.3 *Protocol-Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM)*

O Protocolo Multicast Independente - Modo Denso (PIM-DM) é similar ao DVMRP. Ambos empregam o *Reverse Path Multicasting* (RPM) para construir árvores de distribuição. As maiores diferenças entre o DVMRP e o PIM-DM é que este último é completamente independente do protocolo de roteamento *unicast* que é usado na rede, enquanto DVMRP baseia-se em mecanismos específicos associados ao protocolo de roteamento *unicast*, além do PIM-DM ser menos complexo.

O protocolo PIM-DM é direcionado a dados, como todos os protocolos de roteamento Modo Denso (*Dense-Mode*). De qualquer modo, como o PIM-DM é independente do acompanhamento de um protocolo de roteamento *unicast*, os pacotes de dados que chegam em um roteador sobre a própria interface de recepção (a interface que provê o caminho mais curto de volta à fonte), são enviados a todas as interfaces abaixo até que as ramificações desnecessárias da árvore sejam explicitamente podadas. Relembrando que o DVMRP pode ser mais seletivo quando ele envia mensagens durante a fase de construção da árvore usando informações de topologia específicas providas pelo seu próprio protocolo de roteamento *unicast*. A filosofia seguida pelos projetistas do PIM-DM é para optar pela simplicidade e independência do protocolo, sempre tendo em mente que haverá algum *overhead* adicional obrigatório por causa da duplicação de pacotes [JOH 97b].

3.3.4 Core Based Trees (CBT)

Algumas aplicações *multicast*, tais como simulação interativa distribuída e jogos distribuídos, tem muitos remetentes ativos dentro de um simples grupo *multicast*. Diferente do DVMRP e MOSPF, os quais constroem o menor caminho para cada par fonte-grupo, o protocolo CBT constrói uma árvore simples que é compartilhada por todos os membros do grupo. O tráfego *multicast* para a totalidade do grupo é enviado e recebido sobre a mesma árvore, menos o fonte. Este uso de uma árvore compartilhada pode prover significativos ganhos em termos de quantidade de informações, a respeito dos membros e grupos multicast, que são armazenadas nos roteadores.

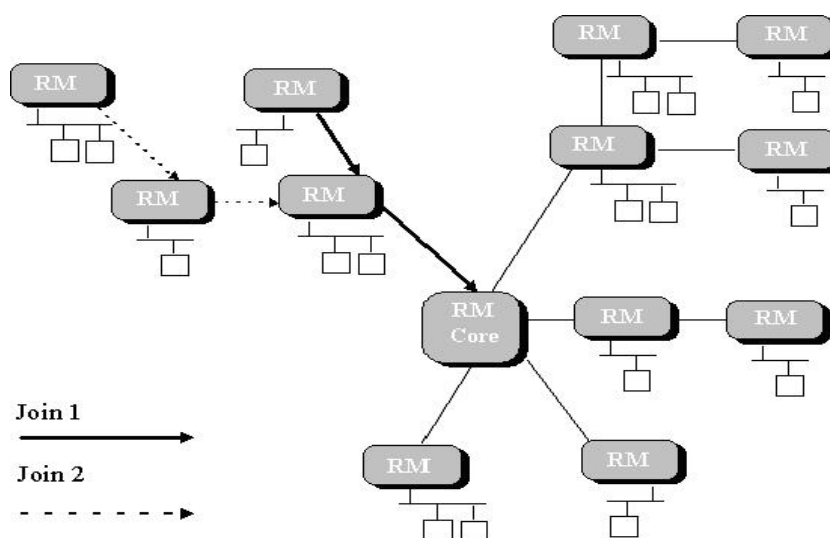


Figura 3.8: Árvore de Distribuição CBT.

Uma árvore compartilhada CBT tem um roteador central que é utilizado para construir a árvore. O processo é mostrado na Figura 3.8. Roteadores entram (*join*) na árvore enviando uma mensagem de ligação ao núcleo (*core*). Quando o *core* recebe uma requisição de entrada, ele retorna uma confirmação sobre o caminho reverso, formando assim uma ramificação da árvore. As mensagens de ligação não necessitam fazer todo o caminho até o *core* antes de serem reconhecidas. Se uma mensagem de ligação encontra um roteador pertencente a árvore antes de encontrar o *core*, então este roteador termina a ligação e reconhece-a. O roteador que enviou a mensagem de ligação é então conectado

a árvore compartilhada.

O CBT agrega tráfego sobre um pequeno subconjunto de links que são usados em árvores baseadas em um fonte (*source-based*). O resultado da concentração de tráfego ao redor do core é um problema para esta proposta de roteamento *multicast*. Algumas versões do CBT suportam o uso de múltiplos cores; balanceando o tráfego entre os cores [BAL 97] [JOH 97b].

3.3.5 Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM)

Similar ao protocolo CBT, o PIM-SM é projetado para restringir o tráfego *multicast* para somente aqueles roteadores que estão interessados em recebê-lo. O PIM-SM constrói um árvore de distribuição *multicast* ao redor de um roteador chamado "Rendezvous Point" (RP - Ponto de Encontro). Este roteador tem o mesmo papel que o *core* no protocolo CBT; mas os receptores encontram novas fontes neste *Rendezvous point*. De qualquer modo, o PIM-SM é um protocolo mais flexível que o CBT. Enquanto as árvores CBT são sempre árvores compartilhadas em grupo, com o PIM-SM um receptor individual pode escolher para construir entre uma árvore compartilhada em grupo (*group-shared*) ou uma árvore de caminho mais curto (*shortest-path*), conforme visualizado na figura 3.9.

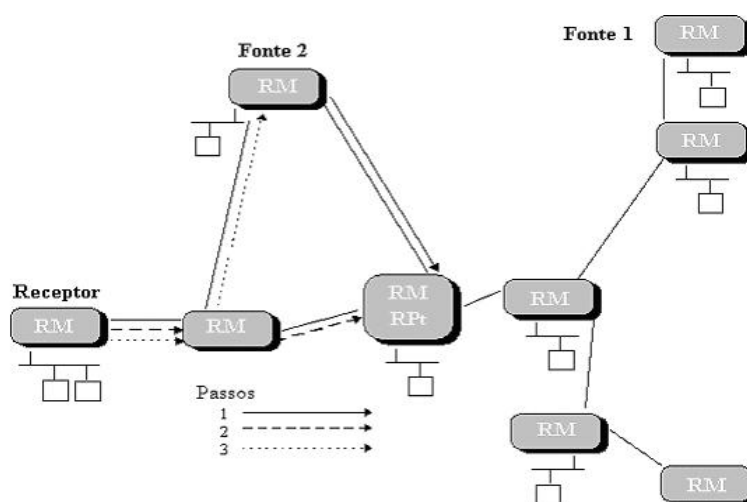


Figura 3.9: Árvore de Distribuição PIM-SM.

A descrição dos passos mostrados na Figura 3.9 são:

- o emissor (Fonte 2) registra-se no Roteador Multicast (RM) "Rendezvous Point" (RPt);
- um receptor liga-se ao Roteador Multicast RPt;
- o receptor está recebendo grande quantidade de dados do Fonte 2. O receptor envia um pedido de ligação explícito ao Fonte 2 para construir uma rota "*shortest path*".

Há vantagens para cada tipo de árvore de distribuição. A árvore compartilhada é relativamente fácil de ser construída e ela reduz a quantidade de informações que devem ser armazenadas nos roteadores. Da mesma maneira, uma árvore compartilhada deve conservar recursos da rede se o grupo *multicast* consiste de um grande número de fontes com baixa transmissão de dados. De qualquer modo, como indicado acima, árvores compartilhadas causam uma concentração de tráfego ao redor do *Core* ou do *Rendezvous Point*, um fenômeno que pode resultar em degradação de performance se há um grande volume de tráfego *multicast*. Outra desvantagem de árvores compartilhadas é que o tráfego, muitas vezes, não faz o caminho mais curto da origem até o destino. Se a baixa latência é um requisito crítico para uma aplicação, deve ser dada a preferência a este tráfego para ser roteado ao longo do caminho mais curto. A arquitetura do PIM-SM suporta ambos os tipos de árvores de distribuição.

O protocolo PIM-SM inicialmente constrói uma árvore compartilhada para suportar o grupo *multicast*. A árvore é formada pelo envio e recepção, ambos conectando ao *rendezvous point* (RP), da mesma maneira como uma árvore compartilhada é construída ao redor do *core* no protocolo CBT. Depois que a árvore é construída, um receptor (na verdade o roteador se fecha para este receptor) pode optar por mudar sua conexão para uma fonte em particular ou para uma árvore com caminho mais curto (*shortest-path*). Isto é realizado através do envio de uma mensagem de entrada PIM por este roteador à fonte. Uma vez que o caminho mais curto da fonte até o receptor é criado, a ramificação extra através do RP é podada. Este procedimento é ilustrado na Figura 3.9. Nota-se que diferentes tipos de árvores podem ser selecionadas para diferentes fontes

dentro de um grupo *multicast* simples.

O protocolo PIM-SM especifica mecanismos leves para atualizar periodicamente o estado do sistema, ajustar as mudanças topológicas na rede e ajustar as mudanças nos membros do grupo. Enquanto o PIM-SM baseia-se sobre tabelas de roteamento *unicast* para ajustar-se às mudanças na topologia da rede, ele é independente de um protocolo de roteamento *unicast* em particular que é usado para construir estas tabelas [EST 98] [JOH 97b].

3.4 Conclusão

O *IP Multicast* permite a utilização de novos tipos de aplicações e reduz o congestionamento de redes e a sobrecarga de servidores. Os produtos e serviços *IP Multicast* estão recebendo uma grande atenção da indústria por causa dos seus potenciais benefícios [JOH 97a].

Neste capítulo foram descritos alguns conceitos e mecanismos por trás de alguns protocolos de roteamento usados com *IP Multicast*, algumas de suas vantagens e desvantagens. A seleção de protocolos de roteamento é um importante passo no desenvolvimento de redes *multicast*. As considerações incluem perfis esperados das aplicações, escalabilidade, suporte de vendas, sobrecarga de performance, dependência de outros protocolos de rede, flexibilidade, interoperabilidade e sobrecarga de roteamento.

Capítulo 4

Gerência Multicast

O gerenciamento de tráfego *multicast* tornou-se uma barreira técnica para o futuro desenvolvimento do *multicast* na internet. A necessidade de ferramentas de gerenciamento utilizáveis representa uma das razões pelas quais não tem sido mais rápido o desenvolvimento e uso de *multicast* [ALM 00].

Até recentemente muito da ênfase de gerenciamento de redes tem sido sobre gerenciamento de tráfego *unicast*, relegando para segundo plano o gerenciamento de tráfego *multicast*. Tarefas de gerenciamento de tráfego *multicast* podem ser comparadas a tarefas de gerenciamento de tráfego em geral. Certamente, pode-se aplicar os mesmos princípios porém, com certeza, gerenciar tráfego *multicast* se torna mais complexo a medida em que se leva em consideração as peculiaridades deste tipo de tráfego [ALM 99].

Técnicas similares de gerenciamento podem ser usadas para gerenciar tráfego *multicast* e tráfego de rede em geral, mas as diferenças nos paradigmas de comunicação de *unicast* e *multicast* sugerem que diferentes paradigmas de gerenciamento sejam necessários. Usando um ponto inicial em comum, pode-se dizer que o gerenciamento de tráfego *multicast* inclui todas as funções associadas ao gerenciamento de rede tradicional, ou seja, detecção e isolamento de falhas, gerenciamento de configuração, monitoramento de performance, etc.

Segundo [ALM 99], "Não existe nos dias atuais uma ferramenta com-

pleta para gerenciamento de tráfego *multicast*, talvez porque muito do esforço inicial dedicado ao *multicast* tenha sido para o desenvolvimento de protocolos de roteamento, mantendo assim, uma razoável qualidade de conectividade no *Multicast Backbone* (Mbone). As ferramentas disponíveis até então, na sua maioria, são *freeware*, e como consequência não possuem o refinamento das ferramentas comerciais, tendo geralmente, uma funcionalidade específica e/ou sendo difíceis de serem entendidas e conseqüentemente de serem utilizadas”[Mbo 00]

4.1 Gerenciar Multicast

O principal objetivo de gerenciar é organizar e destacar informações relevantes sobre a rede, incluindo protocolos, endereçamento, fluxo de dados, estatísticas e especialmente anomalias. Isto permite que pessoas sem um conhecimento profundo sobre configuração de rede possam monitorar sua operação, facilmente identificar problemas e resolvê-los baseados nas informações relevantes disponíveis e apresentadas.

O gerenciamento de tráfego *multicast* apresenta algumas diferenças em relação ao gerenciamento tradicional de tráfego *unicast*. A principal diferença resume-se ao simples fato de que tráfego *multicast* pode ser destinado para muitos receptores. Com *multicast*, este nível de abstração traz uma importância adicional, devido a complexidade associada à entrega de pacotes a múltiplos receptores. Ao invés de gerenciar/monitorar conectividade entre pares de usuários, *multicast* trabalha com um grupo de usuários; e ao invés de gerenciar/monitorar links ao longo de um caminho simples, *multicast* é estruturado em links organizados em uma árvore [ALM 99]

Importantes questões precisam ser respondidas, com relação a gerenciamento multicast, a seguir descreve-se algumas:

- Gerenciamento de Tráfego
 - qual é o montante total de tráfego multicast passando através dos vários links da rede ?
 - quanto de tráfego multicast está entrando e saindo da rede ?

- quantos grupos e membros de grupo estão na rede ?
- quais grupos ou fonte de um grupo é responsável pelo recente salto no tráfego multicast ?
- caso o tráfego multicast esteja sobrecarregando uma rede em particular, como este tráfego pode ser limitado ?
- Monitoramento de Performance
 - há perda significativa através dos links da rede ?
 - há link na rede que esteja congestionado para o tráfego multicast ?
 - existe algum roteador que está apresentando limitações de recursos, CPU ou memória insuficientes para o roteamento de tráfego multicast ?
- Planejamento de capacidade
 - qual é a composição de tráfego unicast e multicast em uma rede ?
 - qual é o montante de uso de tráfego multicast por um período de tempo ?
 - qual é a tendência do uso de tráfego multicast em uma rede ?
 - como a adição de um "serviço" multicast mudou (piorou ou melhorou) o uso da rede ?
- Detecção de Falhas
 - hosts na rede que estão recebendo o tráfego multicast são os que deveriam recebê-lo ?
 - o tráfego está limitado somente aos links da rede necessários para alcançar os componentes do grupo (há buracos negros de multicast) ?
 - há algum receptor em um grupo multicast que não consegue "enxergar" algum outro receptor ?
- Isolamento de Falhas

- usuário "X" não está recebendo tráfego de um grupo multicast que está enviando dados atualmente. Por que não ?

- usuário "Y" começou a receber tráfego, mas outros membros do grupo não podem ver o tráfego com origem no usuário "Y". Por que não ?

4.2 Ferramentas para Gerenciamento de Tráfego *Multicast*

Muito do foco das ferramentas para gerenciamento de tráfego *multicast* atuais está sobre a descoberta/solução de problemas no *Multicast Backbone* (MBone). Muitas das ferramentas em uso hoje em dia foram desenvolvidas por pessoas integralmente envolvidas no desenvolvimento e gerenciamento do MBone. Além disso, o atual dia-a-dia de gerenciamento do MBone é relativamente o único esforço em que as funções de gerenciamento estão auxiliando informalmente as tarefas de gerenciamento de tráfego *multicast* [ALM 99].

As estratégias de correção e ferramentas de gerenciamento atualmente em uso, tem sido influenciadas significativamente pelos requisitos trocados com os problemas que apareceram com o desenvolvimento do MBone. A principal desvantagem disto é que as ferramentas de gerenciamento *multicast* atualmente disponíveis requerem um profundo conhecimento e entendimento de como o *multicast* funciona.

Além disso, muitas das ferramentas para gerenciamento *multicast* são *freeware*, ferramentas estas que não oferecem suporte a nível comercial, funcionalidade, facilidade de uso, ou confiabilidade. Há ainda um número de ferramentas que não estão habilitadas a observar operações de protocolos *multicast* ou capturar fluxo de tráfego *multicast* [ALM 99].

Dentre as ferramentas, iremos destacar duas: Mtrace e RTPmon.

Mtrace

A ferramenta *Mtrace* retorna um conjunto de links usado para conectar uma fonte com um destino em particular. Adicionalmente, algumas opções do comando

Mtrace mostram o número de pacotes *multicast* por segundo fluindo através de cada *hop*. Quando é fornecido ao *Mtrace* um endereço específico de grupo *multicast*, ele irá retornar perdas por *hop's* para este endereço *multicast*. A ferramenta *Mtrace* é uma das melhores maneiras de descobrir como os pacotes *multicast* estão fluindo através da rede e determinar quais são as árvores de link's que estão congestionadas.

De qualquer modo, *Mtrace* não trabalha 100% do tempo; há alguns motivos para isso, um dos maiores seria o suporte inadequado ao *Mtrace* por parte dos roteadores *multicast*; outro motivo muito comum para falha, seriam os link's muito congestionados, os quais provocam a perda de pacotes *Mtrace*, perdendo o estado do roteamento, além de uma inabilidade geral do *Mtrace* para pegar a informação necessária. Um dos perigos do *Mtrace* é que a própria ferramenta pode causar aumento de congestionamento, a carga adicional requisitada de um roteador respondendo a um pacote *Mtrace* pode incrementar o congestionamento. Por esta razão, muitos roteadores dão uma baixa prioridade a requisições do *Mtrace*. Assim, enquanto pacotes podem estar fluindo e o congestionamento aparenta estar baixo, uma requisição *Mtrace* pode ser ignorada por um roteador reservando recursos para melhorar a performance de roteamento.

RTPmon

A ferramenta *RTPmon* acoplada com o *Mtrace* forma uma das mais poderosas ferramentas disponíveis para monitoramento de grupos *multicast* ativos. O *RTPmon* une-se a um endereço de grupo *multicast* e recebe relatórios de retorno de todos os receptores. Estes relatórios de retorno são gerados pelo *Real-Time Control Protocol* (RTCP). A porcentagem de perda para cada receptor para cada fonte é mostrada em uma tabela em tempo real. Selecionando uma determinada célula nesta tabela, informações adicionais sobre perdas são mostradas. Botões no *RTPmon* habilitam o usuário a executar um comando *Mtrace* para um grupo específico, fonte e destino. Estas duas ferramentas juntas (*Mtrace* e *RTPmon*), habilitam um usuário a monitorar a qualidade de uma transmissão *multicast* [ALM 99].

Outras ferramentas para gerenciamento *multicast*:

- *Mrinfo*: mostra os túneis *multicast* e rotas para um roteador comum ou um roteador

multicast;

- *Mhealth*: Monitora a topologia da árvore e estatísticas de perdas;
- *Multimon*: Monitora tráfego *multicast* em uma rede local;
- *Mlisten*: captura informações sobre membros de grupos *multicast*;
- *Dr. Watson*: Coleta informações sobre operações de protocolos.

4.3 Ferramentas baseadas no *SNMP* E *MIB*'s relacionadas a *Multicast*

Além das ferramentas já descritas, há também Bases de Informações Gerenciais (*MIBs*) para *multicast*. As *MIBs* são acessadas usando o *Simple Network Management Protocol* (*SNMP*). Devemos entender que muitas das funções de gerenciamento realizadas sobre o *MBone* são feitas sem a assistência de *SNMP* e de *MIBs*, a razão para isso recai sobre o fato de que as pessoas que trabalham no *MBone* estão mais focadas no estabelecimento de uma conectividade básica do que sobre ferramentas robustas de gerenciamento. Por esta razão o número de ferramentas que não se utilizam do protocolo *SNMP* para efetuarem o gerenciamento *multicast* é grande [ALM 99].

A primeira razão pela qual ferramentas baseadas no *SNMP* podem ser potencialmente úteis é que o *SNMP* é um protocolo e paradigma para gerenciamento de redes largamente difundido e utilizado. Atualmente existem um certo número de *MIBs multicast* propostas, algumas já suportadas por equipamentos. A seguir temos alguns exemplos:

IGMP MIB: O Protocolo de Gerenciamento de Grupos Internet (*IGMP*) somente negocia, determinando se os pacotes devem ser enviados sobre uma Interface específica do roteador. O *IGMP* não é um protocolo de roteamento, mas gerencia membros de grupos entre hosts e roteadores. A *Mib IGMP* contém informações sobre o conjunto de interfaces de roteamento que estão esperando por mensagens *IGMP*, e a tabela

com informações sobre quais interfaces tem membros esperando por pacotes para um grupo *multicast* específico [MCC 00c].

RTP MIB: A *Mib RTP* é projetada para ser usada tanto por *hosts* rodando aplicações ou por sistemas intermediários agindo como monitores *RTP*. Há tabelas definidas para cada tipo de usuário. A porção monitor da *Mib* é projetada para coletar dados estatísticos sobre sessões *RTP* [BAU 00].

Basic Multicast Routing MIB: A *IP Multicast Routing MIB* inclui somente dados gerais sobre roteamento *multicast*. Esta *Mib* contém informações sobre fontes e grupos *multicast*; estado de roteamento do *hop* seguinte, estado de transmissão para cada interface do roteador e informações sobre limites de roteamento *multicast* [MCC 00b].

Protocol-Specific Multicast Routing MIBs: As *MIBs* específicas de protocolos provêm informações para um protocolo de roteamento específico, entre estas podemos citar: *PIM MIB* [MCC 00a].

Duas importantes ferramentas freeware as quais trabalham com *Mibs multicast* são *Mstat* e *Mview*. *Mstat* consulta um roteador comum ou um roteador *multicast* com suporte a *SNMP* para gerar várias tabelas de informações incluindo tabelas de roteamento, configurações de interface, conteúdo de cache, entre outros. *Mview* é uma aplicação para visualização e gerenciamento do *Mbone*. A ferramenta *Mview* habilita ao usuário visualizar e interagir com a topologia do *MBone* de várias maneiras, coletando e monitorando estatísticas de performance sobre roteadores e links, e podendo auxiliar no diagnóstico de problemas de rede [ALM 99].

4.4 Conclusão

O gerenciamento de tráfego *multicast* é, obviamente uma função relevante. Quando os desenvolvedores do *Mbone* focavam suas pesquisas em problemas de correção e gerenciamento de tráfego *multicast*, tinham como estratégia construir ferramentas sem utilizar um protocolo de gerenciamento específico (como o *SNMP*). Estas ferramentas tem sido projetadas para uma função específica e utilizadas por profundos

conhecedores da topologia, funções e limitações do *multicast*. Tem havido pouco interesse de companhias em construir ferramentas para gerenciamento *multicast* comerciais. Uma razão para esta falta de interesse comercial pode se dar ao fato de que, sem demanda de usuários/consumidores não há produtos de gerenciamento comerciais e sem produtos, gerentes de rede estão menos dispostos e habilitados a suportar *multicast* como um serviço de rede.

O que está começando a acontecer atualmente é que companhias com experiência em *multicast* ou algumas companhias com experiência em gerência de redes estão começando a oferecer produtos que incluem em si um produto para gerenciamento de *multicast*. Isto tem acontecido com as ferramentas do *Mbone*. Originalmente as ferramentas do *Mbone* foram desenvolvidas e mantidas por indivíduos da comunidade de pesquisa, porém como a demanda por serviços baseados em *multicast* tem crescido, isto tem impulsionado o desenvolvimento de ferramentas comerciais. Atualmente companhias como Precept/Cisco, Icast, Real Networks, e Microsoft, tem iniciado a oferecer produtos comerciais com suporte total a versões de ferramentas do *MBone*.

Capítulo 5

Utilizando o Padrão de Gerenciamento SNMP para Gerenciar Tráfego

Multicast: A Ferramenta Multicast Monitor

Como consequência da maior utilização e desenvolvimento das redes de computadores, surgiram aplicações novas, com requisitos diferentes das aplicações usuais, como maior largura de banda e menor atraso.

Alguns exemplos dessas aplicações são encontradas hoje na internet, tais como aplicações de vídeo conferência, vídeo *stream*, bases de dados distribuídas, etc. Aplicações estas que necessitam de um grande consumo de largura de banda e demandam controle de *QoS*.

A maneira de diminuir o tráfego de dados gerado por estas aplicações é fazer a comunicação por difusão seletiva (*multicast*), onde a transmissão de dados é para os grupos de *hosts* que desejam recebê-lo somente [COS 00].

O levantamento conceitual feito nos capítulos anteriores, direcionam para um entendimento dos conceitos de gerenciamento de redes, do roteamento *multicast*, da aplicação desta tecnologia, consequências da utilização e necessidades de geren-

ciamento do tráfego *multicast*.

Neste capítulo é apresentada a ferramenta , que foi desenvolvida com o intuito de aplicar o padrão de gerenciamento *SNMP*, para gerenciar tráfego *multicast*, utilizando-se da linguagem de programação Java.

5.1 Objetivo

O trabalho tem como objetivo principal propor a utilização do protocolo de gerenciamento *SNMP* no gerenciamento de tráfego *multicast*. Sendo implementado uma ferramenta que se utiliza das padronizações do protocolo *SNMP* para abstrair a complexidade do gerenciamento *multicast*. Cabe salientar que esta ferramenta não foi implementada na sua totalidade, no que diz respeito a gerenciamento de tráfego.

Sendo o propósito desta ferramenta gerenciar o tráfego *multicast* através do monitoramento da utilização da CPU e da memória do roteador *multicast* fazendo uso de objetos de *MIB's* proprietárias do fabricante do roteador e de *MIB's* padrões do *SNMP*.

5.1.1 Justificativas

O gerenciamento de tráfego *multicast* tem se tornado uma barreira técnica para o futuro desenvolvimento do *multicast* na internet. A necessidade de ferramentas de gerenciamento utilizáveis é listada como uma das razões pelas quais não tem se desenvolvido e disseminado mais rapidamente o uso do *multicast* [ALM 99].

Conforme descrito no capítulo 4 questões relevantes a respeito de gerenciamento de tráfego *multicast* precisam ser respondidas, entre elas destacamos:

- qual o montante de tráfego *multicast* está entrando e saindo da rede,
- qual é a composição de tráfego *unicast* e *multicast* na rede,
- o tráfego *multicast* está sobrecarregando a rede, entre outros.

Atualmente as ferramentas disponíveis para o gerenciamento *multicast* não se utilizam de nenhuma padronização para efetuar-lo. Estas ferramentas surgiram da

necessidade de resolução de alguns problemas específicos existentes no *MBone*. Há de se considerar o fato destas ferramentas não utilizarem uma padronização de gerenciamento de redes (*SNMP*, *OSI*) para implementarem suas funcionalidades, restringindo sua utilização pelos envolvidos nestas tarefas.

A ferramenta desenvolvida nesse trabalho faz uso do padrão de gerenciamento de rede *SNMP*, abstraindo desta forma, as peculiaridades do gerenciamento *multicast*, através da utilização de *MIB's* proprietárias, *MIB's* padrões e do uso do conceito Agente - Gerente, inerentes ao padrão *SNMP*.

5.2 *MIB's* Utilizadas

Para implementação da ferramenta foram utilizadas três *MIB's*: *IPMROUTE-MIB*, *OLD-CISCO-CPU-MIB* E *OLD-CISCO-MEMORY-MIB*, para o monitoramento dos objetos necessários ao gerenciamento *multicast*.

Devemos considerar o fato de que, sendo o gerenciamento *multicast* uma atividade pouco desenvolvida, há ainda poucas *MIB's* padronizadas, sendo a sua maioria das *MIB's* voltadas a *multicast* proprietárias. Através destas *MIB's* proprietárias, os fabricantes adicionam capacidades superiores de gerência.

IPMRoute-MIB:

iso(1).org(3).dod(6).internet(1).experimental(3).ipMRouteMIB(60)

É uma *MIB* para gerenciamento de roteamento *IP Multicast*, independente do protocolo de roteamento *multicast* em uso.

OLD-CISCO-CPU-MIB:

iso(1).org(3).dod(6).internet(1).private(4).enterprises(1).cisco(9)
.local(2).lcpu(1)

MIB proprietária da Cisco, com porcentagem de utilização da cpu do roteador, em intervalos de 5 segundos, 1 minuto e 5 minutos.

OLD-CISCO-MEMORY-MIB:

iso(1).org(3).dod(6).internet(1).private(4).enterprises(1).cisco(9)
.local(2).lcpu(1)

MIB proprietária da Cisco, com informações a respeito de utilização da memória do roteador [MIB 02a] [MIB 02b] [MIB 02c].

5.2.1 Objetos Coletados

Das *MIB*'s acima citadas foram escolhidos alguns objetos para serem coletados devido à sua importância para o gerenciamento *multicast*, objetos estes que pela observação e comparação visual podem identificar um maior ou menor impacto do tráfego *multicast* na rede, pois nos mostram o nível de utilização do roteador e compara com o total de tráfego *multicast* que chega até a sub-rede.

Os objetos coletados pela ferramenta são:

- **IpMRouteInterfaceInMcastOctets:** número de octetos de pacotes *multicast* que chegaram à interface específica, pertence a *MIB IPMRoute-MIB*, com OID: 1.3.6.1.3.60.1.1.4.1.5;
- **IpMRouteInterfaceOutMcastOctets:** número de octetos de pacotes *multicast* que foram enviados pela interface específica, pertence a *MIB IPMRoute-MIB*, com OID: 1.3.6.1.3.60.1.1.4.1.6;
- **busyPer:** Porcentagem de ocupação da CPU do roteador nos últimos 5 segundos, pertence a *MIB* proprietária *OLD-CISCO-CPU-MIB*, com OID: 1.3.6.1.4.1.9.2.1.56;
- **freeMem:** Retorna o montante de memória livre do roteador, em bytes, pertence a *MIB* proprietária *OLD-CISCO-MEMORY-MIB*, com OID: 1.3.6.1.4.1.9.2.1.8.

5.3 A Ferramenta Multicast Monitor

Atualmente a diversidade de ferramentas disponíveis especificamente para gerenciamento de tráfego *multicast* não se utilizam de qualquer padronização para efetuarlo. Apesar disso, técnicas similares de gerenciamento podem ser usadas para gerenciar tanto tráfego *multicast* como de rede em geral, o que pressupõem que se pode

utilizar padrões de gerenciamento de rede já estabelecidos e amplamente utilizados, para gerenciar tráfego *multicast* [ALM 99].

A ferramenta *Multicast Monitor* foi desenvolvida neste trabalho com o objetivo de monitorar o tráfego *multicast* e com o propósito de utilizar o padrão *SNMP* para esse fim, abstraindo assim as peculiaridades deste tipo de tecnologia e unificando o seu gerenciamento a um padrão consolidado e amplamente utilizado.

5.3.1 Aspectos Importantes da Implementação

Para implementação da ferramenta foi escolhida a linguagem de programação Java, principalmente por sua portabilidade, devido a representação padronizada de byte-code gerada pelos compiladores JAVA, independente de máquina e de sistemas operacionais. Para implementar o acesso às *MIB's*, foi utilizada a *package SNMP.** desenvolvida por Jonathan Sevy e para plotagem dos gráficos foi utilizada a biblioteca *PTOLEMY.PLOT.** desenvolvida por Edward A. Lee e Christopher Hylands [SEV 02] [LEE 02].

A *package SNMP.** é utilizada para integração entre a linguagem Java e o protocolo de gerenciamento *SNMP*. Implementando as funcionalidades deste protocolo, como acesso ao elemento gerenciável, através de configuração de comunidades (*community*); identificação de objetos a serem recuperados, através do (OID) *Object Identifier*, entre outras.

Abaixo pode ser visto o método *addPoints* pertencente à classe *PlotPoints*, responsável em coletar os valores dos objetos junto ao elemento gerenciado, através da instanciação da classe *snmpSock* passando como parâmetro o *OID* da variável de utilização da CPU do roteador.

```
public synchronized void addPoints() {
    String itemID;
    SNMPVarBindList newVars;
    SNMPSequence pair;
    SNMPInteger snmpSetValue, snmpIntegerValue;
```

```

SNMPObject snmpValue;

double max = 1.0;

double min = 0.0;

System.out.println("Marcando pontos.");

try {

    itemID = "1.3.6.1.4.1.9.2.1.56.0";

    newVars = snmpSock.getMIBEntry(itemID);

    pair = (SNMPSequence)(newVars.getSNMPObjectAt(0));

    snmpValue = pair.getSNMPObjectAt(1);

    String cpuBusyPer = snmpValue.toString();

    double cpuBusyPerValue =

        integer.valueOf(cpuBusyPer.trim()).doubleValue();

    if (_cont == 100.0) {

        _notfirst = false;

        clear(true);

        repaint();

        _cont = 0.0;

    };

    if (cpuBusyPerValue > max) {

        max = cpuBusyPerValue+2;

    }

    if (cpuBusyPerValue < min || min == 0) {

        min = cpuBusyPerValue-2;

    }

    setYRange(min-2, max+2);

    setSize(400,300);

    repaint();

    addPoint(0, _cont, cpuBusyPerValue, _notfirst);

    _notfirst = true;

    System.out.println("x = "+ _cont + ", y= "+ cpuBusyPerValue +

```



```

+_notfirst);

//try {

// Thread.sleep(5);

//} catch (InterruptedException e) {}

_cont = _cont+5;

} catch(Exception e2) {

} // end of try

}

```

Abaixo pode ser visto o segmento de código da classe *routerInfo*, responsável por coletar as informações a respeito do número de pacotes *multicast* que chegaram em determinada interface, e plotar o gráfico de barras com estes dados.

```

plotInMcast.setXRange(0.0,100.0);

plotInMcast.addPoint(0,_count,difValue,false);

plotInMcast.setSize(400,300);

plotInMcast.fillPlot();

// Memoria disponivel

try {

itemID = "1.3.6.1.4.1.9.2.1.8.0";

newVars = snmpSock.getMIBEntry(itemID);

pair = (SNMPSequence)(newVars.getSNMPObjectAt(0));

snmpValue = pair.getSNMPObjectAt(1);

String ipMRouteInterfaceInMcastOctets3 = snmpValue.toString();

txtInMulticastOctets.setText(ipMRouteInterfaceInMcastOctets3);

memory =

Double.valueOf(ipMRouteInterfaceInMcastOctets3.trim()).doubleValue();

System.out.println(String.valueOf((memory/8)/1024)+"Kb");

} catch (Exception ex) {}

plotMemory.setXRange(0.0,100.0);

plotMemory.addPoint(0,_count,((memory/8)/1024),false);

plotMemory.setSize(400,300);

```

```
plotMemory.fillPlot();  
_count=_count+1;
```

5.3.2 Descrição da Ferramenta

A ferramenta *Multicast Monitor* pode ser descrita com uma ferramenta para monitoramento de tráfego *multicast* tendo como finalidade coletar e visualizar valores de objetos de *MIB's* relevantes à tecnologia *multicast*. A tela inicial da ferramenta *Multicast Monitor* pode ser vista na Figura 5.1, apresenta dois menus, *Action* e *Config*. O *Config* deve ser o primeiro menu a ser acessado, pois através dele devem ser setados parâmetros de configuração ao elemento gerenciável. após se utiliza o menu *Action* para disparar a conexão e posterior coleta de dados da ferramenta para que assim seja possível gerar os gráficos de monitoramento.

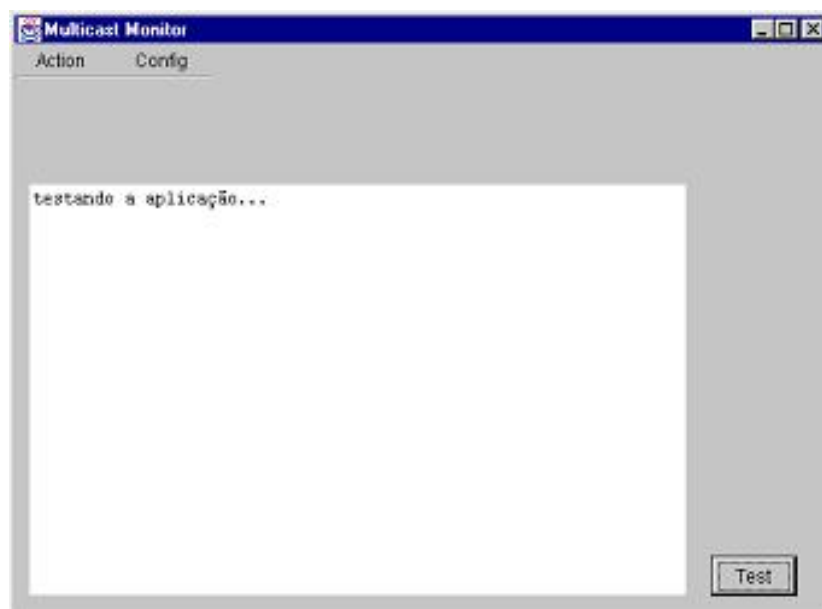


Figura 5.1: Tela Inicial *Multicast Monitor*

O menu *Config* possui um submenu chamado *SNMP* conforme pode ser visto na Figura 5.2, onde devem ser configurados os parâmetros do protocolo *SNMP*

para acesso ao elemento gerenciável, como *Community* e *Target* e uma opção que seta os parâmetros para valores padrões pré-definidos descrito como *Set Default*, podendo serem visualizados nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5 respectivamente.

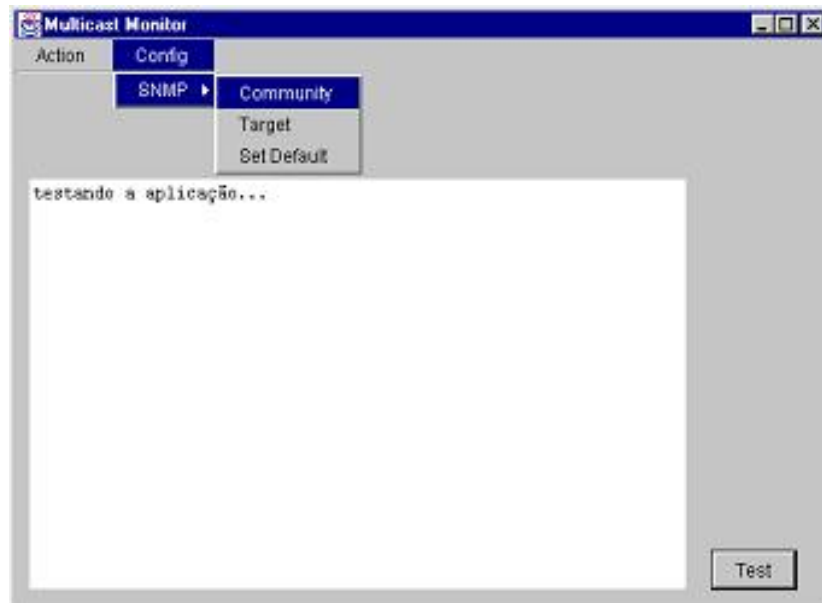


Figura 5.2: Sub-menu *SNMP*

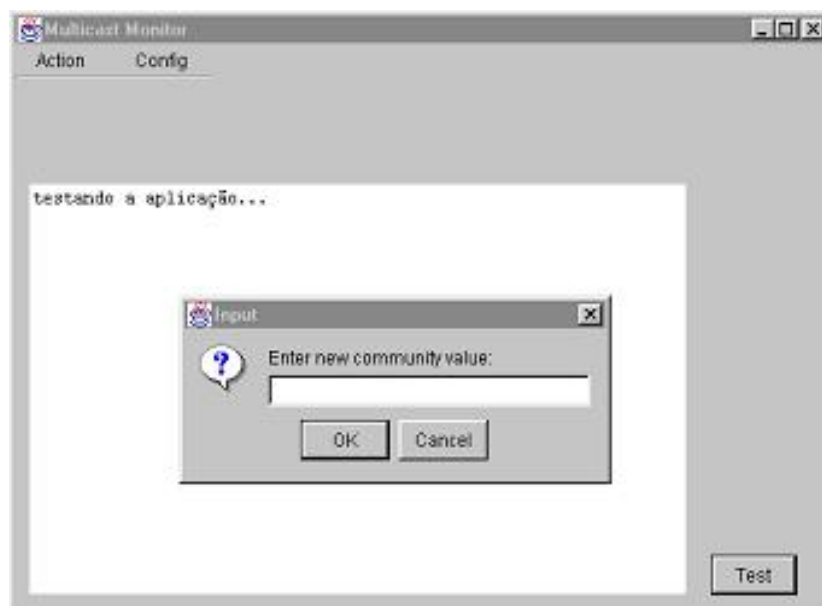


Figura 5.3: Configuração da Comunidade

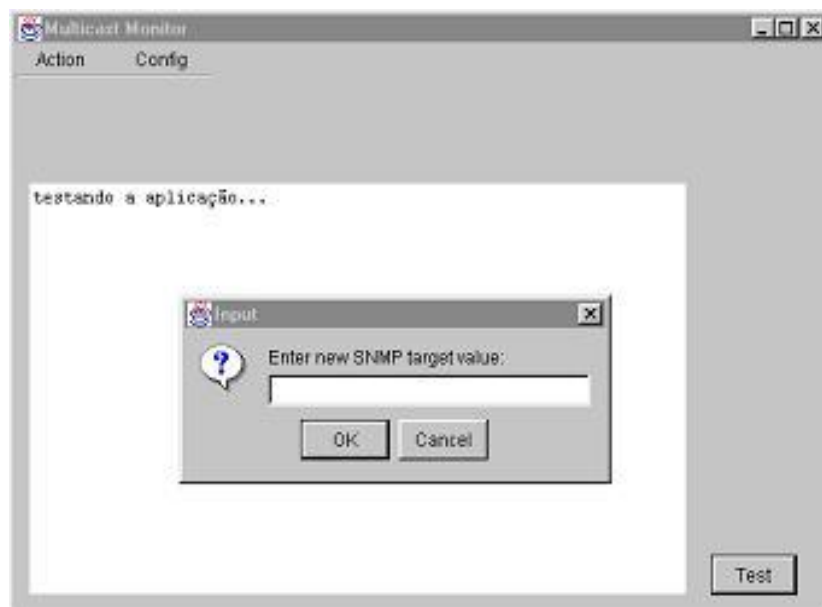


Figura 5.4: Configuração do Alvo (elemento gerenciável)

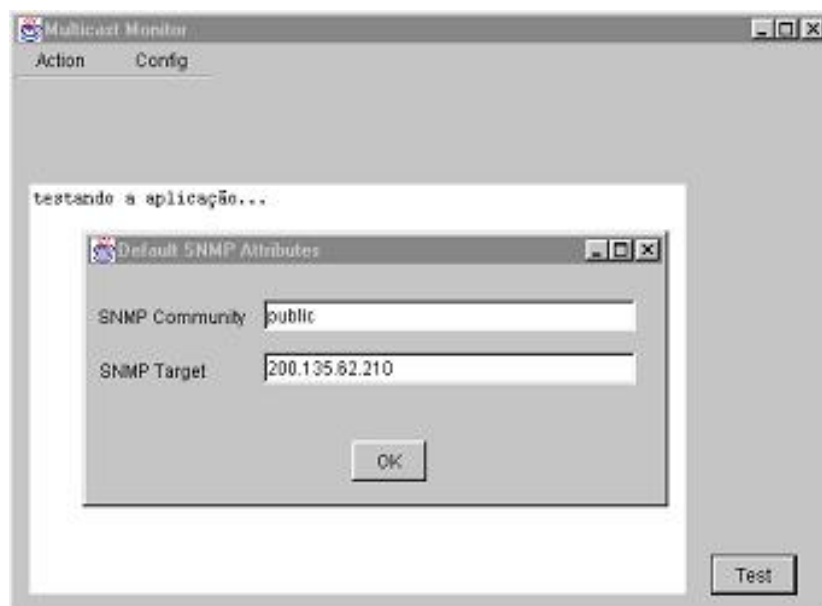


Figura 5.5: Opção para valores *default*

Retornando a tela principal da ferramenta Multicast Monitor, encontra-se também o menu Action. Este é composto por quatro opções, conforme pode ser visto na Figura 5.6:

- *Connect*, para realizar a conexão ao elemento gerenciável, utilizando os o parâmetros inseridos no menu *Config*;
- *Disconnect*, para encerrar a conexão da aplicação com o elemento gerenciável;
- *Router Info*, responsável pela chamada a tela que possui os gráficos de monitoração dos objetos do elemento gerenciável;
- e *Exit*, para encerrar a aplicação.

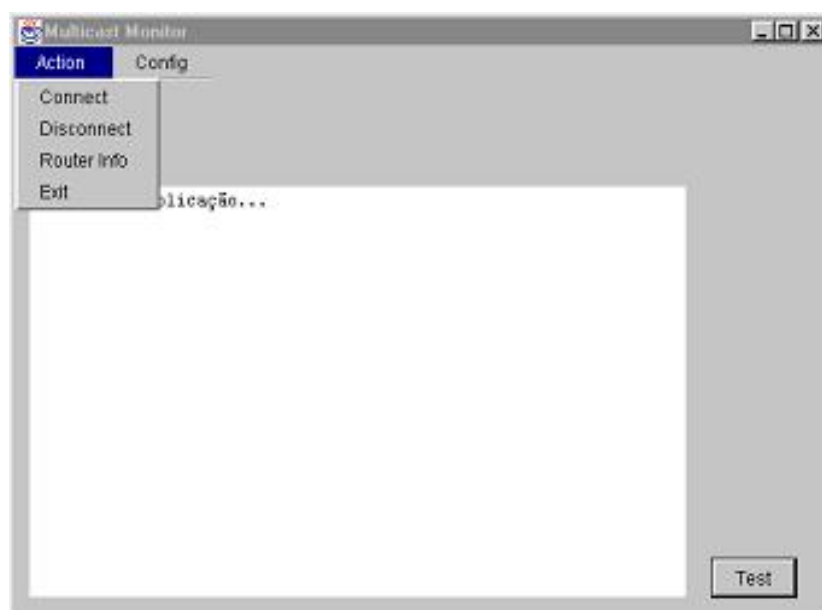


Figura 5.6: Menu *Action*

Escolhendo a opção *Router Info* abre-se uma tela com os gráfico de percentagem de utilização da CPU do roteador, pacotes *multicast* que passaram pelo roteador e total de memória livre (em Kb), além de número de *octetos multicast* que chegaram à interface do roteador que está sendo monitorada e o número de pacotes desde a última leitura efetuada, conforme pode ser visto na Figura 5.7.

Por estes gráficos é possível visualizar a utilização do roteador pelo tráfego *multicast*, ou seja, o impacto deste tráfego na performance do roteador.

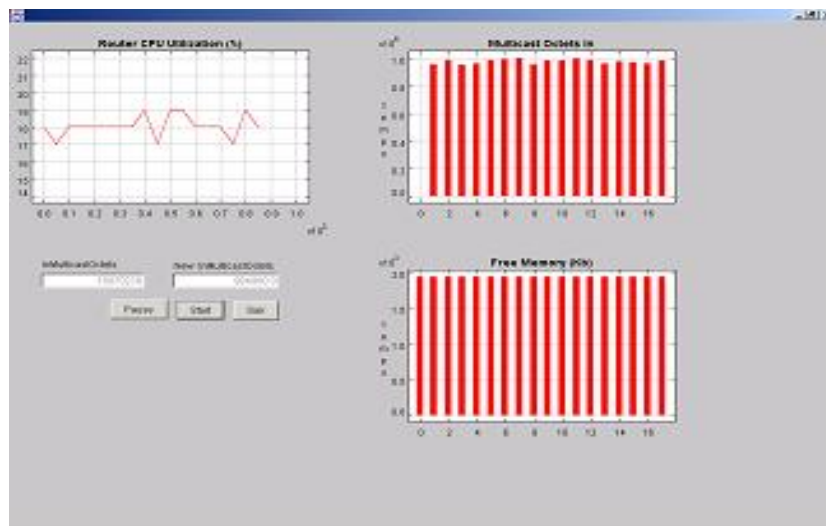


Figura 5.7: Utilização dos Recursos do Roteador

5.4 Ambiente de Testes

Para validar a utilização da ferramenta foi construído um ambiente de testes. Este ambiente emula duas sub-redes conectadas entre si e com a internet, conforme pode ser visualizado na Figura 5.8.

Este ambiente de testes foi construído utilizando-se de:

- um roteador Cisco 2611 com suporte a roteamento PIM-SM;
- um roteador IBM 2210, com suporte a roteamento *multicast*;
- dois PC's, sendo um conectado na sub-rede do roteador Cisco e outro a sub-rede do roteador IBM.

Para efeitos de teste, foram criados três grupos *multicast* com os seguintes endereços: 224.225.0.1, 224.225.0.2 e 224.225.0.3. No PC que se encontra na sub-rede do roteador IBM foi gerado tráfego *multicast*, utilizando-se da aplicação MGEN (Multi-Generator). No PC conectado a sub-rede do roteador Cisco, rodava a aplicação DREC (Dynamic-Receiver) que efetua um join nos grupos *multicast* anteriormente citados e que foram criados no roteador Cisco, habilitando-se assim a receber tráfego *multicast*.

gerados para estes grupos pelo fonte (que se encontra no PC da sub-rede do roteador IBM) [MGe 02].

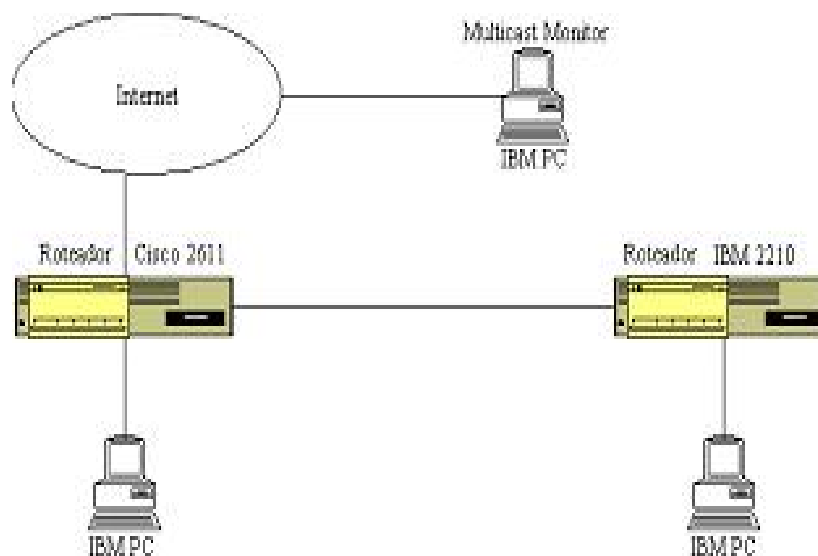


Figura 5.8: Ambiente de Testes

5.5 Problemas e Limitações

O fato de uma pesquisa ter problemas e limitações impulsiona-nos a busca por novos caminhos e é o que a torna desafiadora. Como não poderia ser diferente, tanto no desenvolvimento da ferramenta Multicast Monitor, quanto na montagem do ambiente de testes, foram muitas as dificuldades encontradas. Com relação ao ambiente de teste podemos citar:

- Falta e alto custo de equipamentos com suporte a roteamento *multicast*;
- Configuração de Equipamentos;
- Tempo em que o ambiente ficou disponibilizado para a realização da coleta de dados relevantes a pesquisa.

Também cabe aqui ressaltar alguns problemas encontrados, e que se relacionam ao desenvolvimento, propriamente dito, da ferramenta:

- Suporte ao protocolo SNMP na linguagem Java;
- Saída gráfica dos resultados (gráficos).

Com relação as limitações da ferramenta, podemos citar o fato dela apenas monitorar o tráfego *multicast*, fazendo a coleta de valores dos objetos no elemento gerenciável e disponibilizando-os para serem observados (inclusive através de gráficos). Não deixando ao gerente a possibilidade interagir com o elemento gerenciável para, por exemplo, setar as variáveis e /ou limitar o tráfego, entre outros exemplos que podem ser citados.

5.6 Conclusão

O gerenciamento de tráfego multicast tem se tornado uma necessidade primária, à medida em que constatamos a crescente utilização da tecnologia multicast nas redes atuais.

Neste capítulo foi apresentada a ferramenta Multicast Monitor, a qual realiza o monitoramento de variáveis relevantes ao impacto do tráfego *multicast* em uma rede, se utilizando para tanto da linguagem de programação Java e do protocolo padrão de gerenciamento de redes SNMP. Além de se ter construído um ambiente real, onde foi utilizada a ferramenta para realizar o monitoramento de tráfego, para efeitos de validação

Cabe aqui ressaltar que o propósito da ferramenta desenvolvida era o de validar e comprovar a eficácia da utilização do protocolo SNMP no gerenciamento de tráfego *multicast*, sem se preocupar com os demais requisitos necessários ao gerenciamento desta tecnologia, o que poderá ser abordado em trabalhos futuros.

Capítulo 6

Conclusões e Perspectivas

Este trabalho apresentou a utilização do protocolo padrão de gerenciamento de redes SNMP aplicado ao gerenciamento de tráfego *multicast*, monitoração e visualização de alguns objetos relevantes ao tráfego *multicast*.

Primeiramente foram apresentados alguns conceitos relativos ao gerenciamento de redes em geral, etapas no processo de gerência, o paradigma gerente - agente e as áreas de gerência. Foram descritos também os dois principais padrões de protocolos de gerência, o modelo OSI e o modelo SNMP, destacando seus principais conceitos.

Em seguida foram descritos os conceitos e termos a respeito da tecnologia *multicast*. Entre eles podemos destacar o conceito de grupos *multicast*, explicação do roteamento, destacando-se os principais protocolos de roteamento *multicast*.

No capítulo seguinte foram apresentados alguns tópicos relevantes ao gerenciamento *multicast*, destacando os principais questionamentos a respeito desta nova aplicação na gerência de redes, confrontando a tecnologia *multicast* com os principais tópicos de gerência de redes, como gerenciamento de tráfego, monitoramento de performance, entre outros. Também foram abordadas as ferramentas atuais voltadas para o gerenciamento *multicast* e MIB's desenvolvidas para este tipo de tecnologia.

Por último, foi apresentada a ferramenta Multicast Monitor, desenvolvida para monitorar o tráfego *multicast* utilizando-se para isso, exclusivamente do protocolo padrão de gerenciamento SNMP. Para sua implementação foi escolhida a linguagem

de programação Java, principalmente por sua portabilidade, devido a representação padronizada de byte-code gerada pelos compiladores JAVA, independente de máquina e de sistemas operacionais.

Para efeitos de validação da ferramenta, foi implementado um ambiente de testes, onde houve a geração de tráfego *multicast* direcionado a grupos pré existentes, para que este tráfego pudesse ser coletado e disponibilizado pela ferramenta de gerência implementada.

O objetivo inicial deste trabalho era desenvolver uma ferramenta para coleta de dados *multicast*, armazenar estes dados em uma base, e através da análise histórica destes dados, criar uma baseline de utilização dos recursos do roteador *multicast* analisado. Devido a restrição de não ter o ambiente de testes disponível o tempo necessário para a geração desse tráfego, o que ocasionaria o acúmulo de dados necessários para a geração de uma baseline, não foi possível a concretização do objetivo inicial como um todo.

Não deixando de considerar que foi possível comprovar através da implementação da ferramenta Multicast Monitor que é válida a utilização do padrão SNMP para o gerenciamento de tráfego *multicast*, cumprindo assim, com parte do objetivo inicial do projeto.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar o aumento da funcionalidade da ferramenta com a implementação de uma baseline. Como por exemplo, capturar dados para alimentar uma base com informações históricas de medidas de utilização do elemento gerenciável, para posterior criação de uma baseline. Outro aspecto complementar pode ser citado, a criação de um comparativo entre os dados medidos instantaneamente com os dados da baseline criada, para possível geração de alarmes.

A extensão da funcionalidade da ferramenta em realizar medições entre tráfegos diferentes, por exemplo, *unicast* e *multicast* simultaneamente. Podendo desta forma, visualizar a utilização total dos elementos gerenciáveis da rede.

Referências Bibliográficas

- [ALM 99] ALMEROTH, K. **Managing IP multicast traffic: A first look at the issues, tools, and challenges**. IP Multicast Initiative White Paper, Agosto de 1999. Consultado em 06/2001. URL: <http://citeseer.nj.nec.com/almeroth98managing.html/>.
- [ALM 00] ALMEROTH, K.; SARAC, K.; WEI, L. **Supporting multicast management using the Multicast Reachability Monitor**. Technical report, UCSB, Maio 2000. Consultado em 05/2001. URL: <http://citeseer.nj.nec.com/article/almeroth00supporting.html/>.
- [BAL 97] BALLARDIE, A. **RFC 2189 - Core Based Trees (CBT version 2) Multicast Routing**. Network Working Group. Consultado em 07/2001. URL: <http://rfc.kulnet.kuleuven.ac.be/rfc/rfc2189.html/>.
- [BAR 98] BAROTO, A. M. **Realização da Gerência Distribuída de Redes Utilizando SNMP, JAVA, WWW e CORBA**. CPGCC - UFSC. Florianópolis - SC, 1998. Dissertação de Mestrado.
- [BAU 00] BAUGHER, M.; STRAHM, B.; SUCONICK, I. **RFC 2959 - Real-Time Transport Protocol Management Information Base**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc2959.html/>.
- [BRI 93] BRISA. **Gerenciamento de Redes: Uma abordagem de Sistemas Abertos**. Editora Makron Books. São Paulo., 1993.
- [CAS 90] CASE, J.; AL., E. **RFC 1157 - A Simple Network Management Protocol (SNMP)**. Network Working Group. Consultado em 07/2001. URL: <http://community.roxen.com/developers/ideos/rfc/rfc1157.html/>.
- [COS 00] COSTA, H. D. et al. **IP Multicast Sobre ATM**. Rema - UFBA. Consultado em 03/2001. URL: <http://www.rnp.br/wrnp2/2000/posters/IPsobreATM.pdf>.
- [DEE 88] DEERING, S.; PARTRIDGE, C.; WAITZMAN, D. **RFC 1075 - Distance Vector Multicast Routing Protocol**. Network Working Group. Consultado em 06/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc1075.html/>.

- [DEE 89] DEERING, S. **RFC 1112 - Host Extensions for IP Multicast**. Network Working Group. Consultado em 06/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc1112.html/>.
- [EST 98] ESTRIN, D.; AL., E. **RFC 2362 - Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc2362.html/>.
- [FAR 00] FARINES, J.-M.; BACHMANN, F.; MARTINS, I. L. **Endereçamento Multicast e Aplicações Multimídia Distribuídas na RMAV-FLN**. Nurcad - UFSC. Consultado em 06/2001. URL: <http://www.rnp.br/newsgen/0007/art5.shtml/>.
- [JOH 97a] JOHNSON, V.; JOHNSON, M. **How IP Multicast Works**. IP Multicast Initiative (IPMI). 1997. Consultado em: 04/2001. URL: <http://www.ipmulticast.com/community/whitepapers/howipmcworks.html/>.
- [JOH 97b] JOHNSON, V.; JOHNSON, M. **Introduction to IP Multicast Routing**. IP Multicast Initiative (IPMI). 1997. Consultado em: 04/2001. URL: <http://www.ipmulticast.com/community/whitepapers/intro-routing.html/>.
- [JUN 97] JUNIOR, I. G. S. **Comparação de Modelos de Agentes para Gerenciamento de Redes: Uma Abordagem via Simulação**. CPGCC - UFSC. Florianópolis - SC, 1997. Dissertação de mestrado.
- [LEE 02] LEE, E. A.; HYLANDS, C. **Package PTOLEMY.PLOT**. Consultada em 02/2002. URL: <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/java/ptplot/>.
- [LEI 00] LEITE, L. E.; NASCIMENTO, F. N. C.; JR., A. C. C. **Implementação de uma Interface de Programação para Serviços de Multicast**. II Workshop RNP2. Minas Gerais, 2000. URL: <http://www.rnp.br/wrnp2/2000/posters/interfaceparamulticast.pdf>.
- [Mbo 00] **Mbone Home Page**. Página Oficial do Multicast Backbone. Consultado em 12/2001. URL: <http://www.mbone.com/>.
- [MCC 00a] MCCLOGHRIE, K.; AL., E. **RFC 2934 - Protocol Independent Multicast MIB for Ipv4**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2934.html/>.
- [MCC 00b] MCCLOGHRIE, K.; FARINACCI, D.; THALER, D. **RFC 2932 - Ipv4 Multicast Routing MIB**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2932.html/>.

- [MCC 00c] MCCLOGHRIE, K.; FARINACCI, D.; THALER, D. **RFC 2933 - Internet Group Management Protocol MIB**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2933.html/>.
- [MGe 02] **Mgen and Drec Toolset**. Página das ferramentas Mgen e Drec. Consultado em 02/2002. URL: <http://manimac.itd.nrl.navy.mil/MGEN/>.
- [MIB 02a] **Cisco MIB Home Page**. Consultado em, 06/2001. URL: <http://www.cisco.com/public/sw-center/netmgmt/cmtk/mibs.shtml/>.
- [MIB 02b] **Cisco MIB Home Page**. Consultado em 06/2001. URL: <http://www.cisco.com/public/sw-center/netmgmt/cmtk/mibs.shtml/>.
- [MIB 02c] **Cisco MIB Home Page**. Consultado em 06/2001. URL: <http://www.cisco.com/public/sw-center/netmgmt/cmtk/mibs.shtml/>.
- [MOY 94] MOY., J. **RFC 1584 - Multicast Extensions to OSPF**. Network Working Group. Consultado em 06/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc1584.html/>.
- [OLI 98] OLIVEIRA, M.; ET AL. **Introdução a Gerência de Redes ATM**. XVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Rio de Janeiro. 1998.
- [RAJ 01] RAJVAIDYA, P.; ALMEROTH, K. **A router-based technique for monitoring the next generation of internet multicast protocols**. in International Conference on Parallel Processing, (Valencia, Spain), Setembro de 2001. Consultado em 02/2002. URL: <http://citeseer.nj.nec.com/rajvaidya01routerbased.html/>.
- [ROS 90a] ROSE, M. T.; MCCLOGHRIE, K. **RFC 1155 - Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets**. Network Working Group. Consultado em 08/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc1155.html/>.
- [ROS 90b] ROSE, M. T.; MCCLOGHRIE, K. **RFC 1156 - Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets**. Network Working Group. Consultado em 06/2001. URL: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc1156.html/>.
- [SAM 97] SAMPAIO, S. **SNMP - Uma Introdução a Gerência de Redes**. Trabalho Específico. Universidade de Salvador - Bahia. 1997.
- [SEV 02] SEVY, J. **Package SNMP para Java**. Consultada em 02/2002. URL: <http://edge.mcs.drexel.edu/GICL/people/sevy/airport/source/docs/snmp/package-summary.html/>.
- [STA 99] STALLINGS, W. **SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2**. Third Edition. ed. USA: Addison Wesley, 1999.